雙　月　刊

核能簡訊

NUCLEAR NEWSLETTER

福島進一步解除4町村的避難指示

中國十三五計畫 兼顧電力發展與減碳策略

國際間核電機組除役現況報導

日本批准5部機組除役計畫

美國新墨西哥州申請設置用過核燃料貯存場



加速氣候變遷的推手—美國撤銷氣候與能源政策

核能簡訊 NUCLEAR NEWSLETTER

NO.166 雙月刊

JUNE 中華民國一〇六年六月號

熱門話題

核災應變問與答

封面故事

專題報導

輻射與生活

原子能小故事

健康快遞

核能脈動

核能新聞

出版單位：財團法人核能資訊中心
地　　址：新竹市光復路二段一〇一號
電　　話：（03）571-1808
傳　　真：（03）572-5461
網　　址：http://www.nicenter.org.tw
E-mail：nicenter@nicenter.org.tw
發 行 人：朱鐵吉
編輯委員：李四海、汪曉康、陳條宗、郭瓊文、劉仁賢、謝牧謙（依筆畫順序）
主　　編：朱鐵吉
文　　編：鍾玉娟、翁明琪、林庭安
執　　編：羅德禎
設計排版：長榮國際　文化事業本部
地　　址：台北市民生東路二段 166 號 6 樓
電　　話：02-2500-1175
製版印刷：長榮國際股份有限公司　印刷廠
行政院原子能委員會敬贈　廣告
台灣電力公司核能後端營運處敬贈　廣告

編者的話

5 月是國際局勢大翻轉的一個月，法國與韓國都選出了新的國家領導人，他們日後的許多作為都將牽動著全球的視角。

儘管國際政治情勢詭譎多變，真正影響我們的是生存環境中的諸多因素，而氣候變遷正是絕對重要的一個課題。就在全世界關注法國、韓國總統大選的同時，美國總統川普於 3 月 28 日撤銷了歐巴馬政府提出的一系列能源政策與法規，另外簽署了能源獨立政策執行命令，廢除了環境保護局的「2015 年潔淨能源計畫」。

4 月 22 日是「地球日」，美國各大城市以及全球近 600 個城市數以萬計的科學家和支持科學的人走上街頭，響應「科學大遊行」活動，並抗議政治人物歪曲科學事實與證據。這些遊行活動在美國是為抗議總統川普提議大幅刪減聯邦科學與研究預算，以及川普政府懷疑氣候變遷以及減緩全球暖化的必要性。

法國史上最年輕的總統馬克宏已於 5 月 15 日步上國際舞台，他與川普在競選與當選時同樣吸引全球熱切的關注，但是，他們面對氣候變遷的態度卻截然不同。馬克宏當選後隨即與中國大陸國家主席習近平通電話，誓言保衛巴黎氣候協議，遏阻氣候變遷。馬克宏在就職演說中也表示，會將氣候變遷等議題，列為他未來的挑戰之一。

而韓國總統大選於 5 月 9 日結束，共同民主黨候選人文在寅順利當選，5 月 10 日立即宣誓就職。由於文在寅在競選期間的潔淨能源政策，外界專家認為，他的當選或有利於韓國在氣候變遷和碳交易市場的發展。文在寅競選團隊的能源顧問曾表示，韓國應轉型為潔淨能源或再生能源。

誠如美國有線電視新聞網（CNN）的報導，抗議川普撤銷潔淨能源計畫的遊行隊伍中有標語牌上寫著：「笨蛋，問題在環境」、「誰來替孩子著想吧？！」我們呼吸的是同一個地球的空氣，川普打一個噴嚏，所引起的蝴蝶效應絕不可等閒視之。期待馬克宏與文在寅能正視氣候變遷所帶來的嚴重後果，以積極、具體的能源政策，減少溫室氣體排放，徹底執行巴黎氣候協議的承諾。

福島核一廠內便利商店開幕一周年囉！

譯・張文杰

今（2017）年3月1日是日本知名便利商店LAWSON分店「LAWSON東電福島大型休息所店」開幕一周年。顧名思義，這家分店就是開在福島核一廠區之內，離發生氫爆的3號反應爐只有約1公里的距離。

現在福島核一廠區內每天約有6-7,000名的作業員進行善後工作，產生不少的生活需求，因此東電設立了一座作業員專用的大型休息所，於去年5月開始營運，雖然休息所裡面有附設食堂，但是為了回應來自作業員「希望能有商店」的要求，所以有了便利商店LAWSON進駐的計畫。

這座大型休息所有9層樓高，整個建築是密閉的，只有在7樓有兩個可以開放的窗口，在休息所裡面的輻射劑量只有0.07微西弗/時，跟一般背景輻射劑量是相同的水準，所以在電廠廠區內是不需要做輻射防護措施的「非管理區域」，裡面店員的穿著也和廠外一般便利商店店員完全一樣。

別忘了，這座休息所離發生氫爆的3號反應爐只有約一公里遠，而今年初在2號反應爐（3號反應爐隔壁）的一次圍阻體內，則是量到高達650西弗/時的輻射劑量，約是休息所內輻射劑量的100億倍高。但是輻射易被鋼筋水泥阻擋，所以在密封且設有空調的休息所裡面是非常安全的。



▲ LAWSON東電福島大型休息所店的便利商店入口（圖片來源：朝日新聞）

LAWSON便利商店位於這座大型休息所的2樓，占地約55平方公尺，營業時間是配合作業員上下班的06:00-19:00，週日休息。店內商品琳瑯滿目約有1,000種，不輸一般常見的便利商店，日常用品非常齊全，還有襯衫，可在工作汗流浹背時能夠替換。食品方面，有常見的泡麵、三明治與飯糰，還有種類繁多的零食與甜點，如泡芙等，不過因為丟掉的垃圾要保管在廠區內，所以便利商店內並沒有販賣占空間的便當、罐裝及瓶裝飲料。

在店內常可以聽到店員精神抖擻的對著



▲ LAWSON 店長黑澤政夫正在進行補貨（圖片來源：朝日新聞）



▲福島核一廠內罕見的女性店員（圖片來源：朝日新聞）

來購物的作業員說：「歡迎再度光臨，一路安全！」店員森敬信表示：「由於大家都是要回到電廠現場工作，因此『一路安全』，是這間店專有的送客詞彙。」

店長黑澤政夫是福島核災前就在福島核一廠內的食堂上班，2011 年 3 月 11 日當天，他人也在電廠裡面，不過當天下午他就進入電廠內的防地震建築物躲避，所以並沒有受傷。黑澤政夫表示：「我看到有些作業員，也是以前食堂時期的熟面孔。」雖然現在改開便利商店，他仍然喜歡看到疲憊的作業員因為店內的商品展現出放鬆、愉悅的表情。

該店的一大特色是，有福島核一廠內罕見的女性店員，雖然休息所內是屬於不需要做輻射防護措施的「非管理區域」，但是很少女性在裡面工作，34 歲的佐佐木幸子是便利商店中唯一的女性店員，她住在 50 公里之外的磐城市，她為了 3 歲和 1 歲小孩的生活費，選擇到時薪 1,500 日圓的福島核一廠內的便利商店上班。

「看到店內非常低的輻射劑量令我安心」，佐佐木小姐這樣表示。當朋友聽到她是在福島核一廠內上班，都不禁皺起了眉頭，當然佐佐木也擔心過輻射會不會對她和小孩的健康產生不良的影響，但隨著了解輻射相關的知識，以及休息所內有即時的輻射劑量監控數據，這些都解除了佐佐木的擔憂。

便利商店在日本有超過 40 年的歷史，在 47 個縣內有超過 5 萬家便利商店，現在除了福島核一廠內的便利商店已開幕一周年，也有越來越多人在接洽，希望在福島核一廠四周開設便利商店，目前新開幕的便利商店已經有 5 家，隨著越來越多新的便利商店，也代表著福島當地的復興越來越成功。

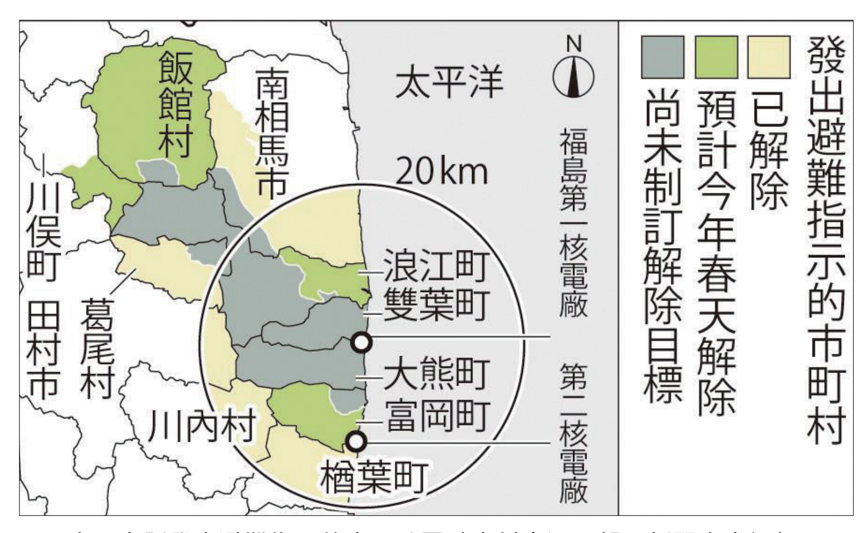
（本文作者為清華大學工程與系統科學系研究助理）

資料來源：

http://www.asahi.com/articles/photo/AS20170304001817.html

福島進一步解除 4 町村的避難指示

譯・張文杰



▲日本福島縣發出避難指示的市町地圖（資料來源：朝日新聞中文網）

日本東京電力公司福島核一廠發生核災不久後，向 12 個市町村、約 8 萬 1,000 名居民發出避難指示。日本政府認為，目前已經基本具備讓當地居民返鄉生活的條件——輻射曝露劑量小於一年 20 毫西弗，基礎設施也已修復，所以於今（2017）年 3 月 31 日、4 月 1 日同時解除飯館村、川俣町、浪江町與富岡町這 4 個町村的避難指示。當初總計約有 3 萬 2,000 名居民因此避難，在這次進一步解除 4 町村的避難指示後，福島縣避難區面積將進一步縮小至全縣面積的 2.6%。

目標 2022 年 解除返家困難區域

當初避難的 8 萬 1,000 名居民，目前已有 7 成民眾可返鄉，剩下約 2 萬 4,000 名居民的家鄉仍被列為返回困難區域。日本政府計畫將以 2022 年為目標，解除這些地區的避難指示。

日本政府的解除避難指示計畫中說明，事故發生已經過 5 年以上，即使不進行除污作業，區域內的輻射量也正在降低。但若持續置之不理，信譽受害方面的影響也會越來越嚴重，恐將拖累福島重建的速度。所以在返回困

難區域中的公所周邊區域，從明年度起正式展開放射性物質的除污作業。除污作業的目的是希望該區域的輻射曝露劑量小於一年 20 毫西弗，長期目標是小於一年 1 毫西弗。

根據日本共同社的報導，出現越早解除避難指示，則返鄉率也越高的傾向。最早於 2014 年 4 月解除的田村市都路地區的 316 人中有 228 人返鄉，比例達到 72.1%；在 2014 年 10 月和 2016 年 6 月分階段解除指示的川內村，311 人中僅有 64 人返鄉，比例為 20.5%。所以日本政府的動作應該越快越好。

修復基礎設施也是一大挑戰

除了除污作業需要進行，還有被地震與海嘯損壞且長期荒廢的基礎設施也要修復。例如楢葉町於 2015 年解除避難指示，但是在楢葉町町長松本幸英看來，允許災民返回家鄉只是一個開始，吸引居民返鄉更取決於他們的意願以及設施重建的速度。

楢葉町有一座在 2016 年建成的全新中學，以及投資 5,000 萬美元翻新的國家足球訓練設施，雖然這設施目前作為核電廠工作人員的休息場所，但是將在 2020 年東京奧運會時投入使用。並且由於日本政府的補貼，包括電池製造商、製藥公司和鋼鐵製造商等在內的 10 家公司，正在考慮搬到楢葉町。

日本共同社的報導也指出，生活基礎設施齊全的城鎮，居民的返鄉動向較為順利，例如在 2016 年 7 月部分解除避難指示的南相馬市，是福島核一廠周圍較大的城鎮，生活基礎設施也相對較齊全。

福島縣知事內堀雅雄說：「解除避難指示不是終點，只是當地復興的起點。為了讓更多避難居民返鄉，福島縣將與日本中央政府以及基層市町村一起努力治理生活環境。此外，為了能讓多一些居民想要回來，將致力於完善生活環境和確保居民生計。」

（本文作者為清華大學工程與系統科學系研究助理）

資料來源：

1.http://www.jaif.or.jp/en/category/news/fukushima/

2.http://asahichinese.com/article/society/AJ201702280080



台灣會不會發生**福島核災？**

文・編輯室

問：台灣核電廠安全嗎？如果發生類似福島的事故，是否能夠因應？

答：如果發生類似福島的事故，我們的核電廠會比福島核電廠安全。首先，我國核電廠原本就比日本福島核電廠多了提供緊急電源和緊急水源的設施；而且在日本發生核災後，我們馬上進行核電廠安全總體檢，強化核電機組抗地震、防山洪、耐海嘯的能力，裝設了更多的設施來強化安全與應變系統，把電廠全黑（喪失電源）的狀況降至最低。此外，還要求核電廠制定「斷然處置措施」，以維護民眾安全和環境為第一優先。

（一）我國與福島一廠防海嘯設計及重要設備的差異：

1. 我國核電廠所有的緊急海水泵都有鋼筋混凝土建築保護。
2. 緊急柴油發電機及廠房位在地面層：美國核電廠的原始設計是將緊急柴油發電機置於地面層以下，目的在於防範龍捲風損壞設備；我國氣候特性與美國不同，因此設計也有所調整。
3. 兩座機組共用一部氣冷式緊急柴油發電機：依據我國安全度評估結果顯示，核電廠因喪失廠外電力造成爐心熔毀的風險最高，因此增設氣冷式緊急電力設備以降低這類風險。
4. 兩座機組共用兩部氣冷式氣渦輪發電機：台灣是狹長型島嶼，且無相連的電網互相備援；考量到這種電網型態較不穩定，因此在核電廠設計之初就增設緊急發電設備，以備電廠全黑時起動之用。
5. 位於高處的生水池：因應台灣旱季時容易缺水的特性，因此各核電廠設置貯存量達數萬噸的生水池，目的在供應乾旱期冷卻系統所需補充的淡水。以水往下流的重力原理，即使電廠喪失電力，也能利用生水池的淡水灌入冷卻系統，可避免發生爐心熔毀的情況。

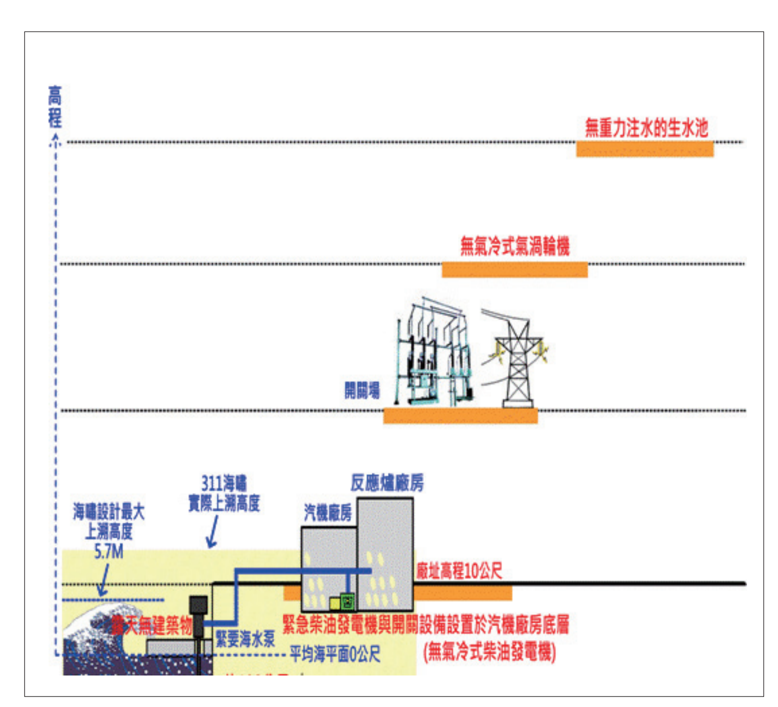
我國核電廠針對預防海嘯的設計觀念與福島核一廠的比較如下頁圖 1、圖 2。

（二）我國核電廠獨有的「斷然處置措施」

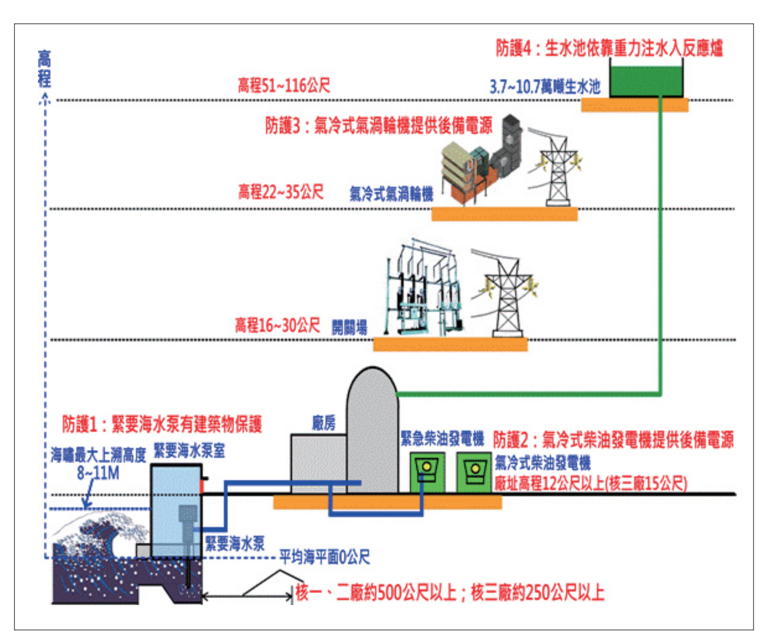
日本國會完成福島事故真相調查報告，結論認為造成事故的主要原因是「人禍」。因為當時日本政府與東京電力公司未能即時採取決策，將海水灌入爐心冷卻核燃料，以致釀成核災。因此，台電集結核電專家，制定「斷然處置措施」，建立超過設計基準事故時核電廠完整的防護體系，確保不會重蹈福島事件的覆轍。

當危機發生時，為了保障民眾健康與安

全，在必要時「寧可放棄機組」，確保在緊急狀況下，運轉人員能迅速果決的執行「斷然處置措施」，也就是反應爐洩壓、灌水的程序，以避免爐心熔毀及放射性物質大量外釋，將民眾與環境受到的影響減到最低。



▲圖1. 日本福島核一廠預防海嘯設計示意圖



▲圖2. 我國核電廠預防海嘯4道防護示意圖

加速氣候變遷的推手——
美國撤銷氣候與能源政策

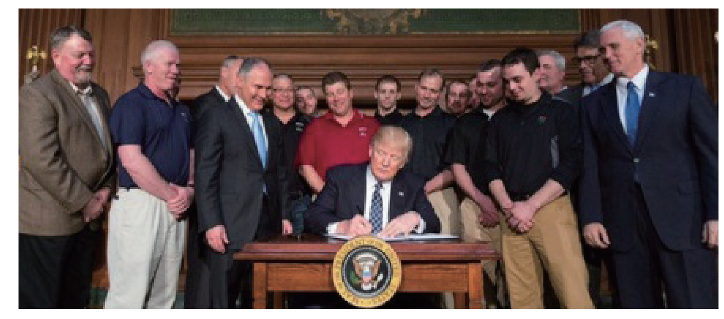
文・編輯室

美國總統川普3月28日撤銷了歐巴馬前政府提出的一系列能源政策與法規，另外簽署了能源獨立政策執行命令，此命令則廢除了環境保護局（EPA）的「2015年潔淨能源計畫」。

川普在簽署命令之前說：「我今天採取的行動將解除聯邦的過度擴張，恢復經濟的自由，讓我們的企業與員工長期以來第一次得以在公平競爭的環境中蓬勃發展、競爭並取得成功。」

他補充說：「今天的能源獨立行動要求對所謂的『潔淨能源計畫』立即重新評估，這項法規不僅僅是嚴重打擊美國的工業，更威脅到我們的礦工、能源工作者和企業。」

川普在3月28日透過行政命令毀棄了美國對巴黎協議的承諾，他指稱前總統歐巴馬的潔淨能源計畫（Clean Power Plan, CPP）為美國產業帶來破壞性的衝擊。歐巴馬在2015年提出的潔淨能源計畫用意是限制電廠的溫室氣體排放，但是在去年被法院阻擋而未通過，主要的壓力來自於100多家煤炭業者及對煤炭產業相對友善的州政府。川普指責歐巴馬的政策對美國煤炭礦工和煤炭工業帶來艱鉅的負擔，承諾將振興煤炭工業並創造更多就業機會。但川普的行為隨即引來許多批評，前副總統高爾認為川普為人類的永續未來踏出錯誤的一步，前環保署署長麥卡錫（Gina McCarthy）則指責

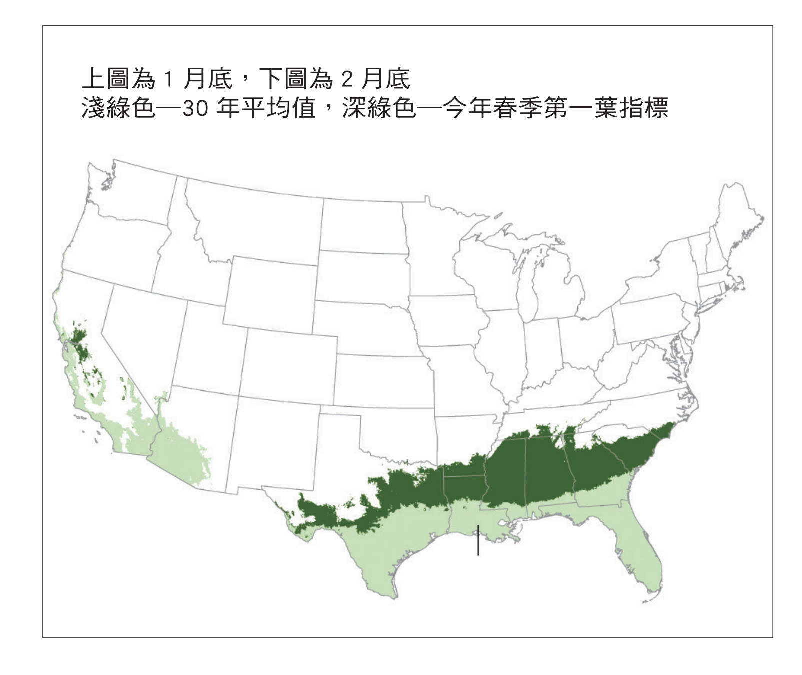


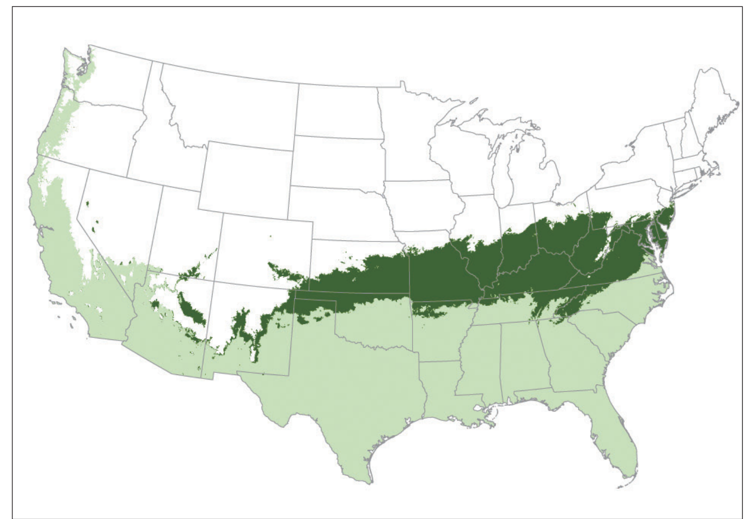
▲川普簽署能源獨立政策執行命令（圖片來源：白宮）

川普要讓人們活在被煙囪污染的空氣中，並捨棄發展潔淨工作的機會。她進一步表示，這不只是危害而已，就全球層面而言，川普傷害了新技術、經濟成長與美國的領導地位。

紐約前市長彭博（Michael Bloomberg）表示「無論哪一個民選官員怎麼說，廢除氣候變遷法規和公共衛生的管制措施，都不會使煤炭產業復甦，也無法使數以萬計的煤炭工人重回工作崗位。」「市場的力量，包括消費者偏好和技術進步是潔淨能源成長快速的主要原因，即使當局不這麼做，消費者、城市和企業也將繼續推動氣候行動。」

「潔淨能源計畫」的目標是在2030年時將美國的二氧化碳排放量從2005年的水準下調32%。此計畫確立了發電廠的排放標準，





▲美國今年春季「第一葉指標」（圖片來源：紐約時報）

以及修訂降低碳污染的目標；雖然允許新的核電廠以及現有機組升級的貸款，但卻不承認現有核電的好處，也不會核發延役執照。此計畫於 2015 年底實施，但 2016 年 2 月，美國最高法院暫停執行，等待司法審查。

前總統的行政命令表示，促進清潔、安全的發展能源資源，是符合美國的國家利益，同時避免阻礙能源生產、限制經濟增長、減少就業機會等不必要的管制。它補充說，美國的電力應該是「負擔得起的、可靠的、安全的和清潔的，可以從煤、天然氣、核子材料、水流與其他國內的資源，包括再生能源來生產電力。」

川普的行政命令卻要求環保署暫停、修改或撤銷與潔淨能源計畫扼殺美國能源工業相關的 4 項行動。並指示總檢察長「在與潔淨能源計畫有關的訴訟中尋求適當的救濟」。

一位不願透露姓名的高階主管在 3 月 27 日的白宮簡報會上表示，川普說：「我們可以同時達到既保護環境又可提供潔淨的空氣與水的雙重目標，使環保局重新回到它的核心任務，同時再次朝著美國自產能源的方向前進。」

早來的春天

經過了一個暖冬後，美國在今年 2 月份迎來的是異常的高溫，特別是洛磯山脈東部的春天甚至提早了 3 個禮拜報到。根據曆法，美國 2017 年春季的第一天應該是 3 月 20 日，但是有些地區卻在 1 月中就出現指標性的綠葉，並且像海浪一般由美國南部向北部逐漸蔓延開來。

「第一葉指標（First Leaf Index）」觀察顯示，與 30 年平均值相比，今年大部份地區

的春天都提早到來，下圖顯示 2017 年 1 月與 2 月符合第一葉指標的地區，相較於過去 30 年平均值確實是提早許多。

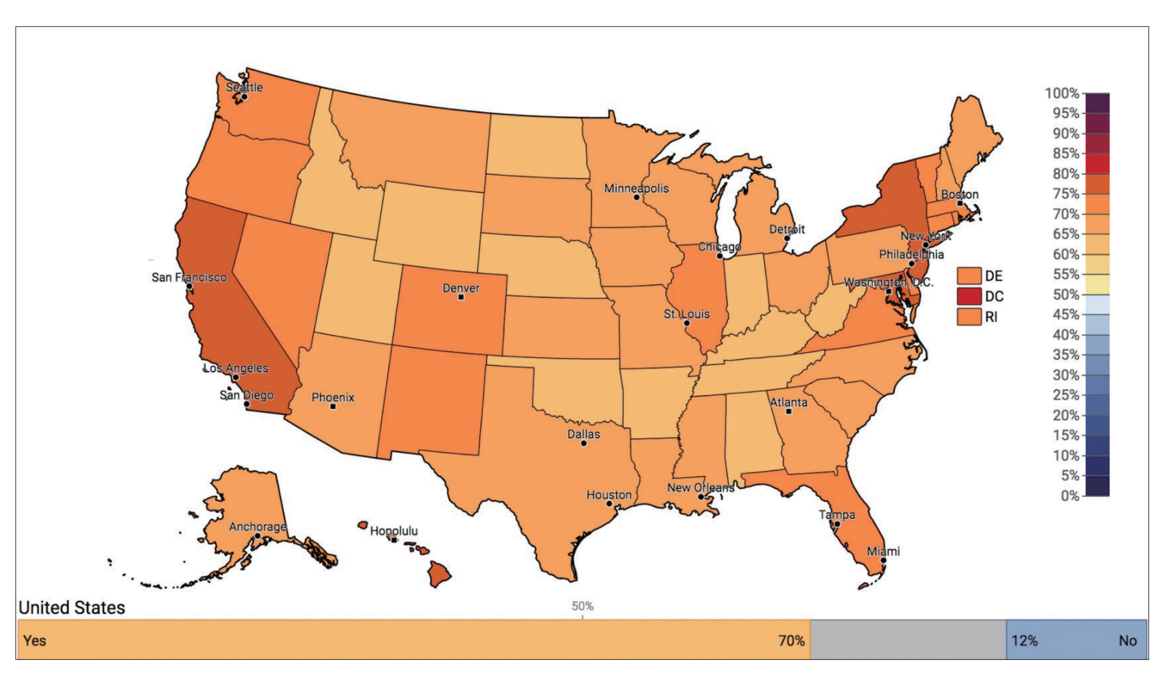
「第一葉」的定義是使冬眠中的植物可再重新展現生命力的溫度出現的這一天。然而提早春暖花開也代表著更多的果樹或灌木類植物會提早生長，這不但影響農夫們播種的時程，也影響以自然活動為主的生態旅遊活動。過早發芽的一些植物物種可能會發生快速霜凍的問題，草和其他植被的過早生長也可能會擾亂一些動物在春季的餵養和生長的周期。

雖然第一葉指標的出現會根據每一年或每個地區有所差異，但是長期趨勢顯示，春天的腳步真的越來越早了。而世界氣候歸因（World Weather Attribution）計畫運用大氣模型分析結果顯示，全球暖化與 2017 年暖和的 2 月份確實有強烈的關係，而 2017 年的 2 月份也是有紀錄以來第二暖和的 2 月，高出過去平均值約華氏 11 度，增溫變化大約是 1900 年的 4 倍。

美國民意對氣候變遷的看法與總統不同調

耶魯大學氣候變遷民意調查地圖於 2016 年更新，展現出美國民眾對氣候變遷議題的調查結果。此次更新的重點在於納入耶魯大學氣候變遷溝通計畫和喬治梅森（George Mason）大學氣候變遷溝通中心於 2016 年美國總統大選後新蒐集的資料。

調查資料顯示，美國民眾對氣候變遷的看法與新任總統有所分歧。在 11 月 8 日美國總統選舉投票日後，7 成的合格選民（樣本數 1,061 人）表示美國應該繼續參與氣候變遷的國際協議。調查結果也指出，無論其他國家對



▲美國各地對相信全球暖化正在發生的比例分布圖（資料來源：耶魯大學）

於氣候變遷的態度如何，2/3 的合格選民依舊希望美國能減少溫室氣體排放（Climatewire, 2016 年 12 月 13 日）。

更新的氣候變遷民意調查地圖顯示，70%的美國民眾認為全球暖化正在發生，並且會對後代子孫造成影響。其次，82%的成年人認為應持續投資再生能源的研究與開發，而有69%的民眾則認為應該嚴格限制燃煤電廠的二氧化碳排放量。

這份地圖也展現出局部的差異性資料，如整體資料顯示 58%的美國民眾關心全球暖化議題，而佛羅里達州則略低，有 57%的州民關心；但在佛羅里達州南部，由於當地居民正面臨海平面上升的影響，全球暖化的威脅在當地更容易被理解，故有 64%的居民關心此議題。

耶魯大學氣候變遷意見調查地圖及其統計方法等細部說明，可前往耶魯大學氣候變遷溝通計畫所架設的網站參閱（http://climatecommunication.yale.edu/visualizations-data/ycom-us-2016/）。

3 個共和黨州政府走自己的路

雖然川普誓言將揚棄巴黎氣候議定書的承諾，且將降低環保政策的底線。但回頭觀察各州，即使有些州在總統選舉時支持川普，在一些議題上仍與聯邦政府不同調。事實上，中西部各個共和黨所執政的州，就藉著投資能源效率技術與再生能源，增進該州的經濟與就業的發展。在選舉過後，伊利諾、俄亥俄、密西根 3 州正式通過了新的政策，以因應對氣候變遷並促進潔淨能源經濟的成長。

伊利諾州

伊利諾州通過了未來能源工作法案，這個舉動對其他州傳達了重要的訊息：我們可以擬定促進經濟成長、省下消費者荷包、保護地球的政策。在共和黨籍州長朗納與民主黨州議會的支持下，本法案會提供 120-150 億美元，使民間單位在伊利諾建置綠色能源設備並且創造數萬個就業機會。本法案同時針對未來提高雙倍能源效率的投資進行準備，這個投資將降低消費者的電力費用，並預計於 2030 年建置容量達 4.3 兆瓦的風力與太陽能發電站。

這些舉動將使伊利諾降低原來發電產生的溫室氣體排放量約 56%，遠遠超出聯邦潔淨能源計畫裡，第一級發電站碳汙染的限制。州長朗納談到議會「使我們能保障就業與納稅人」。

俄亥俄州

在鄰近的俄亥俄州，共和黨籍州長凱西克在 2016 年 12 月下旬否決了議會的一項議案，這議案將會影響州內再生能源裝置與效率。在這個議案背後，俄亥俄州議會企圖挑戰氣候科學與限制電力市場的競爭。但是州長凱西克走到那個極端的位置，尋找推動經濟發展與增進客戶的選擇，州長凱西克表示「俄亥俄州的工人不能從我們近年來所取得的經濟成果中退步」。

密西根州

在密西根州，共和黨籍州長斯奈德近日簽署一項法案，法案擴及增進州內再生能源的標準與效率。這項由民主黨議會通過的法案，取消了現有能源規劃經費的上限，並且增加獎勵級距，鼓勵公營事業超過目標效率，並將之前的再生能源投資要求從 10%增加到 15%，州長斯奈德表示「這是我在州長任內看過兩黨最好的合作」。

這些近期內兩黨合作的進展不僅反映了強大的環保與潔淨能源提倡的聯盟，也反映了



▲（圖片來源：路透社）

組織良好的大型企業尋找節約成本的投資機會。最後，這些州表示保守集團越來越支持消費者能獲得更多的能源選擇，且使新的競爭對手更為茁壯。

即使聯邦的領袖迴避氣候議題，並使民眾的水與空氣變得更加汙濁，中西部共和黨政府能夠推動新的政策，降低有害的汙染，幫助人們省下電費，同時也刺激私人企業投資、創造就業機會，並且省下因能源浪費導致的數十億美元。更重要的是，這些承諾是發生在總統選舉的關鍵州。因此新的政府應該要更明智聽取共和黨夥伴的意見，且接受對潔淨能源的承諾。

全球暖化可能破壞全球 4/5 的海洋

科學家說，如果溫室氣體排放量持續上升，全球暖化將破壞全世界 4/5 的海洋，威脅著 10 億人口的主要食物來源。然而，遏制人為排放將使海洋生物有更多的時間適應暖化，海洋生物從藻類到鱈魚可以有機會轉移到更冷的水域。

根據路透社的報導，英國國家海洋學中心的主要作者亨森（Stephanie Henson）表示：「到 2050 年，大約 4/5 的海洋表面將受到海洋酸化和暖化的影響。」二氧化碳是主要的溫室排放氣體，在水中形成弱酸，目前已有約 10%的海洋受到高溫與酸化雙重影響的壓力。科學家說，根據 2015 年的巴黎氣候協議有大約 200 個國家制定減碳的目標，到了 2050 年，溫室氣體排放量可以將其對海洋的影響限制在 2/3，使海洋生物有更多的時間適應環境變遷。

21 世紀初以來，海水中氧氣的減少和營養物質的減少都與氣候變化有關，這將增加海洋的壓力。根據德國、美國、法國、挪威與英國的專家推估，世界上 1/7 的人口、大約 10 億人，是依靠海洋生物作為主要蛋白質來源。《自然通訊》雜誌上說，對個體物種（如龍蝦、鮪魚、鯊魚或鯨魚）以及對整個海洋生物的影響雖然仍不夠了解，然而，有跡象表明海洋生物可以抵抗溫度的變化。他們說，在澳洲的大



▲ 生質能發電廠（圖片來源：Getty Images）

堡礁珊瑚上發現的亮色雀鯛可以在幾代之內適應更高的溫度。

挪威海洋研究所的研究人員表示，一些魚群向北移動的速度遠遠超過了聯合國小組估計的 10 年 40 公里（25 英里）。

「但是北極海的魚沒有任何地方可以去。」亨森說。

木質能源的開發將成為氣候災難

當大家都將目光投注在太陽能和風能的積極發展時，卻忽略了在歐洲真正產生所謂綠能的最大來源其實是生質能，65%的再生能源是來自燃燒木質顆粒所發的電。英國智庫皇家國際事務研究所（The Royal Institute of International Affairs, Chatham House）最近發表一份研究報告，表示燃燒木質顆粒以產生所謂的「低碳電力」其實是一項有瑕疵的政策，反而會加速而非減緩氣候變遷。報告中指出木材並非碳中和，且木質顆粒燃燒的碳排放並不亞於煤炭，並呼籲英國政府盡快檢討補助木質能源並期待其能減低碳排放的政策。

報告中批評以往的分析總是不將木料燃燒計入碳排放額度內，以為可以用種植新樹來加以平衡。成長了 200 甚至 100 年的森林，其實已蘊涵了大量的碳，我們不能假裝砍伐森林中的樹木，然後加以燃燒，卻認為不會對氣候造成影響。剛種植的年輕樹木，對碳的吸收和儲存能力絕對少於那些被砍伐燃燒掉的老樹。森林需要幾十年的時間才能重新再捕捉碳。

另一個重大問題是，聯合國的氣候規則認為樹木的碳排放只有當它們被砍伐時才計算。然而美國、加拿大、和俄羅斯卻不是用這種計算方式，因此當歐盟從這些國家輸入木質顆粒時，所燃燒的碳排放卻不被計入，好像這些碳消失了一樣。對整個生命周期而言，產生每單位能量的木質顆粒燃燒所排放的碳是高於煤炭等化石燃料的，而且木質燃料必須經由長距離運輸，因此整個生產和運輸的碳排放也會增加。2015 至 2016 年間，英國是歐盟中利

用木質顆粒產生熱和電的最大輸入國，另外有大約 750 萬噸則來自美國和加拿大。

生質能加碳捕捉與儲存也有瑕疵

這項新的研究報告也認為，目前發展中的「生質能加上碳捕捉與儲存（Bio-Energy with Carbon Capture and Storage, BECCS）」技術，也是一項有瑕疵的策略；包括「聯合國政府間氣候變化專門委員會（Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC）」的專家都認為這項技術可以有效捕捉大氣中的碳，而避免全球暖化，但這是錯的，IPCC 為 BECCS 能達成的氣候變遷目標所設定的許多情境都過於誇張。目前因為對持續使用木質顆粒和木質薄片來燃燒發電的關切越來越多，歐盟也據此修訂了新版的再生能源指引（Renewable Energy Directives），提供一個新的生質能源系統。

報告中認為這是個很好的時機，重新檢視歐洲目前的木質能源補助方法，建議應適當鼓勵使用鋸木廠廢棄物和使用後的木材廢棄物，而燃燒木質顆粒應該要減少。但是木質能源工業界則拒絕接受這個研究的結果。

使用能源造成的碳排放量連續 3 年持平

國際能源署（IEA）公布，儘管全球經濟有所成長，2016 年與能源有關的二氧化碳排放量（是人為溫室氣體排放量的最大來源）連續第 3 年保持平穩，總算是難得一見的好消息。

根據國際能源署的估計，2016 年全球與能源有關的二氧化碳排放量為 321 億噸，與前兩年相同。美國與中國這兩個最大的能源用戶和排放國的碳排量都有下降，歐洲排放量穩定，抵消了世界上大部分地區增加的碳排放量。

國際能源署表示，儘管去年全球經濟增長了 3.1%，二氧化碳排放量仍能保持穩定，這表明「碳排放與經濟活動持續脫鉤」。

「市場壓力、技術成本降低，以及對氣候變遷與空氣污染的擔憂，是使碳排放和經濟成長脫鉤的主要因素。」

去年再生能源供應量增加，超過全球電力需求 50%以上，僅僅水力發電就占了一半。

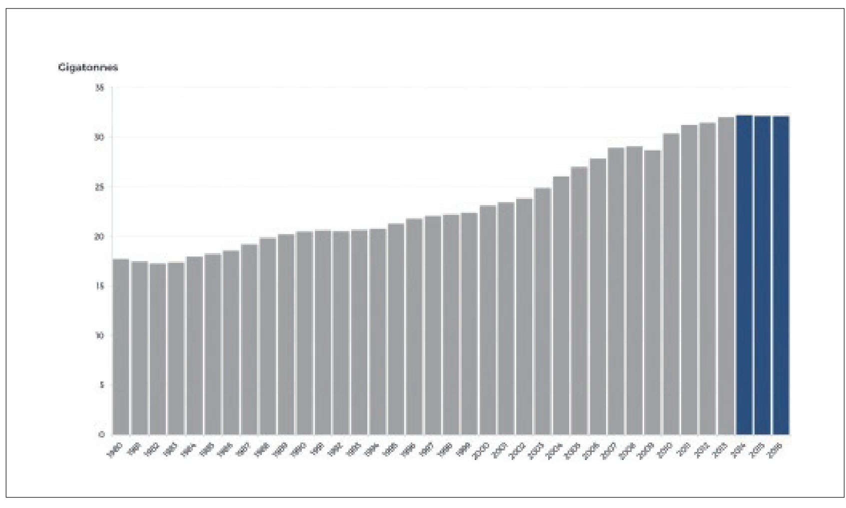
根據美國能源資訊管理局新公布的數據，2015 年美國與能源有關的碳排量達 52.6 億噸，比 2014 年減少 1.46 億噸，較 2005 年則減少 12%。國際能源署指出，燃煤發電量下降以及非化石發電占比的增加都有助於降低電力供應的碳排放，而核能仍然是非化石能源發電的主要來源。

國際能源署報告中提及，2016 年在中國、印度、巴基斯坦、俄羅斯、韓國與美國都有新的反應爐開始運轉，全球核能發電量整體的成長是 1993 年以來最高的水準。

而煤炭的需求在 2016 年則是全球都下滑，美國下降的幅度尤其明顯，與 2015 年同期相比下降了 11%。去年美國的天然氣發電量首次高於燃煤發電，國際能源署說：「因為有適當的政策與大量的頁岩氣儲存量，美國的天然氣生產將在未來幾年保持強勁的增長。」

去年中國的經濟雖然成長了 6.7%，但是煤炭需求卻下降，碳排放量也因此下降 1%。這種趨勢有幾個原因，國際能源署說：「電力方面，再生能源、核能與天然氣的占比越來越大，同時工業與建築行業從煤炭轉向使用天然氣，這主要是因為政府打擊空氣污染的政策。」

國際能源署執行理事比羅爾（Fatih Birol）表示：「近 3 年全球經濟持續成長的情況下，碳排放量仍能持平，即使現在全球碳排放量已經達到頂點，肯定是令人感到樂觀的一個新趨勢。」他補充說：「這也是市場動態和



▲ 1980-2016 年全球與能源有關二氧化碳排放量（資料來源：國際能源署）

技術改進的一個燈號，特別是在美國，頁岩氣已經成為一種便宜的能源。」

國際能源署還是提出警告，全球二氧化碳排放的穩定，不足以使我們控制全球增溫在攝氏 2 度以下，「為了充分利用技術改良與市場力量的潛力，全球需要一致、透明以及可預測的政策。」

參考資料：

1.http://www.world-nuclear-news.org/EE-Trump-ditches-Obamas-climate-and-energy-policies-2903175.html
2.https://www.nytimes.com/interactive/2017/03/08/climate/early-spring.html?rref=collection% 2Fsectioncollection% 2Fearth&action=click&contentCollection=earth&region=rank&module=package&version=highlights&contentPlacement=6&pgtype=sectionfront&_r=1
3.https://www.scientificamerican.com/article/maps-show-where-americans-care-about-climate-change/?WT.mc_id=SA_FB_ENGYSUS_NEWS
4.http://www.renewableenergyworld.com/articles/2017/02/3-republican-governors-embrace-clean-energy-s-economic-promise.html
5.http://www.reuters.com/article/us-climatechange-oceans-idUSKBN16E24S
6.https://www.chathamhouse.org/publication/woody-biomass-power-and-heat-impacts-global-climate
7.http://www.world-nuclear-news.org/EE-Energy-sector-emissions-maintained-for-third-year-1703175.html

中國十三五計畫 兼顧電力發展與減碳策略

文・東海邦博 譯・朱鐵吉



中國政府 2016 年 11 月發表的「第 13 個 5 年規劃綱要（2016-2020）」，簡稱「十三五」，有關能源開發及電氣事業建設方面，為維持國內電力供給的安全，達成二氧化碳的削減目標，改善空氣汙染，以及推動電力部門的海外輸出，將積極執行以求達成計畫要求。

5 年計畫

中國是社會主義市場經濟，是社會主義和資本主義所混合的經濟體制，在計畫經濟體制下操作經濟。因此，每 5 年都會制定全盤性經濟建設 5 年計畫（即國民經濟與社會發展計畫），範圍涵蓋能源、電力等各部門。每年

的發展策略，在 5 年計畫內均有詳細規畫。自 2016 年開始的「第 13 次 5 年計畫」（簡稱十三五計畫），其中電力部門，有關電力供給、電源構成、電力系統、節省能源、環境汙染、電氣事業體制改革等，均制定詳細的實施方針。

發電量世界第一

自 2000 年以後中國電力事業伴隨著經濟發展，飛躍性的成長和急速擴大，2015 年電力消費 5.7 兆瓩，發電設備裝置容量達 15.3 億瓩，為世界第一，其中火力占 9.9 億瓩、水力 3.2 億瓩、核能 2,608 萬瓩、水力以外的再生能源 1.72 億瓩。火力發電最龐大，幾乎都是燃煤電廠。近年來太陽能和風力發電急遽增加，風力達 1.3 億瓩、太陽能 4,200 萬瓩，也是世界第一的規模。以發電量的配比，火力 74%（燃煤為主）、水力 19%、核能 3%、風力 3%、太陽能 1%。

眾多的課題

中國電力事業急速擴大發展，導致出現種種問題，特別是發電設備方面，燃煤火力電廠的設備過剩、風力和太陽能遇到「無風」及「無陽光」的狀況等；此外，風力和太陽能發電設備大部分設在邊疆地區，發電後輸配電力至用電的工業區和都市人口集中區，輸送電力的問題等累積許多課題。

核能方面，自從日本福島事故發生後，管制當局對新設計畫安全審查暫時凍結。第 12 個 5 年（2011-2015 年）的新建設數據也因此下降。

此外，環境方面，燃煤、釋放二氧化碳和氧化氮、脫硫和脫硝裝置有待積極改善。還有 PM2.5 等懸浮細微粒對大氣造成污染的問題。其原因來自燃煤應用在發電廠、工業鍋爐和暖氣設備，以及汽車的廢氣排放等，這些問題都急需改善。另外，加上國際削減二氧化碳公約的約束，都是今後重大的課題。

抑制電力消費的增長

第一部分，十三五計畫積極提出調整電力需求策略，對於電力消費急速擴大方面，十三五計畫的電力增長，要比十二五計畫期間實際年增率由 6.3% 下降至 3.6-4.8%。要求產業轉換較節能的設備，抑制電力消費的增長。

另一方面，設定發電設備年成長率平均 5.5%，對民生需求的尖峰電源，風力和太陽能源也要有充分的備用電源。

抑制火力電廠的建設

火力電廠是 PM2.5 懸浮細微粒和二氧化碳的發生源，因此，需要抑制燃煤電廠的建設。十三五計畫期間已撤回 1.5 億瓩的燃煤電廠的增建計畫，目前為 9.9 億瓩的規模，至 2020 年仍將成長至 11 億瓩。

此外，中國也積極進行燃煤電廠的清潔化，如加強設置脫硫、脫硝以及去除二氧化碳和氧化氮的設備。既有的 2 億瓩燃煤電廠則加強設置超低排放設備，以抑制飛灰的排放。

為減少環境負荷，備用電源的燃氣火力電廠，從目前 6,600 萬瓩增加至 2020 年的 1.1 億瓩。此外，抽蓄水力電廠設備亦由 2,000 萬瓩增加到 4,000 萬瓩。

增加風力和太陽能發電以及因應無風和無陽光的策略

第二部分，繼續引入風力和太陽能發電。十三五計畫，能源消費中非化石燃料所占的比率，從 2015 年 12% 提升至 15% 為目標。因此，至 2020 年風力發電設備從目前的 1.3 億瓩提升至 2.1 億瓩，太陽能則從 4,200 萬瓩提升至

1.1 億瓩。

但是，為因應無風和無陽光的情況，首先調整設備裝置的地點和分布。風力的開發在西北地區、華北地區和東北地區以外，電力需求高的中、東部及南方地區亦要積極開發，這些地區的設備容量應達全國一半。太陽能方面加強屋頂收集太陽能發電設備，輸電系統的擴充，並且小型太陽能發電可在偏遠地區使用。

此外，導入抽蓄水力電廠和燃氣火力電廠作為再生能源的備用電源，改進輸電系統及有效的彈性運用。



繼續擴大核能

第三部分，繼續致力於核能發電開發，從國外導入技術以及自行研發國產核電廠。至 2016 年已有 35 部機組 3,300 萬瓩容量在運轉中，21 部機組 2,400 萬瓩容量正在建設。2017 年正在建設的核電廠將順利接續完成，投入運轉行列。目前中國已超過日本，成為全世界核電規模第三位的國家。

十三五計畫繼續重視核能安全及自主技術的開發，並推動新型反應爐的建設。具體的情形，三門和海陽電廠建設第三代西屋公司製的 AP1000 計畫已完成。另外，福清和防城港核電廠，第三代國產「華龍一號」標準廠房正在建設中。AP1000 核電廠的國產化，以及擴大版的 CAP1400 核電廠計畫亦在開發中。

十三五計畫約有 3,000 萬瓩完成建設開始運轉，並且有 3,000 萬瓩容量以上的核電廠也在進行建設。至 2020 年底，全國核能發電容量將達到 5,800 萬瓩。

另一方面，因日本福島事故而停止的內陸核電開發，徹底的進行研究考察初期的準備工作。政府對此方面的建設依然以慎重考量為主。另外，已成為候選場址的地點，當地居民和地方政府也憂慮，萬一重大事故發生時對河川造成的污染以及對下游廣大地區的影響和衝擊，將導致不可收拾的災害。

推動使用電力代替燃煤

十三五計畫亦強調使用電力代替燃煤，例如，推廣電力暖氣設備，工業使用電氣鍋爐，促進灌溉和排水使用電氣幫浦，至 2020 年約有 1.3 億噸的煤和石油的消費改用電力。在能源消費中，提高使用電力的比率，推動能源的清潔化防止空氣汙染。

為了展開國際間的合作，推動電力設備相關的技術、規格和工程的交流，中國電力事業致力參加海外的相關計畫，同時也積極推動輸出高效率的火力、水力、核能和輸送電系統等大型設備至國外。❁

參考資料：

東海邦博．“中国電力 ・ 第十三次五か年計画を発表”, Energy Review, May.2017: Vol.37, No.5, P62-63

國際間核電機組除役現況報導

文・編輯室

自 1950 年代出現首座核能發電廠至今已超過 60 年的時間，代表有越來越多的國家都將面臨、或正面臨核電廠除役的情況。根據國際原子能總署（IAEA）的統計，截至 2017 年全球已有近 450 部核電機組在運轉中，其中大多數均已運轉超過 30 年，另外還有 160 座核電機組已停止運轉，正在申請或進行除役。本篇將簡略介紹美、德、法、英、日等主要核電使用國家核電機組的除役現況。

各核電廠營運廠商可向主管機關申請的除役執照，IAEA 以拆除方式的不同將其分為 3 種，分別是「立即拆除（DECON）」、「安全貯存（SAFSTOR）」，以及「原地封埋（ENTOMB）」。以美國為例，根據美國法規規定，核子設施除役的期限為 60 年，所以廠商所採取的除役方式以「立即拆除」與「安全貯存」這兩種方式為主要，因為這兩種除役方式所需要的執行年限分別介於 5-10 年以及 30-50 年間。

從符合經濟效益的角度來考量，立即拆除當然是最好的選擇，但也有核電廠必須考量到用過核燃料與放射性廢棄物的貯存地點尚未完善，而選擇安全貯存（或延遲拆除）的方式，來爭取多一點時間，再進行核子設施的拆解。對一些由政府以公務預算來籌措除役經費的核子設施，延遲拆除可讓政府有較多的時間來籌措經費，但延遲拆除則有增加後代子孫負擔等

國際間已停役的核電機組

國家	反應爐數量	淨裝置容量（千瓩 MW）
亞美尼亞	1	376
比利時	1	10
哈薩克	1	52
荷蘭	1	55
瑞士	1	6
立陶宛	2	2,370
西班牙	2	621
斯洛伐克	3	909
瑞典	3	1,210
保加利亞	4	1,632
義大利	4	1,423
烏克蘭	4	3,515
加拿大	6	2,143
俄羅斯	6	1,171
法國	12	3,789
日本	17	8,800
德國	28	15,576
英國	30	4,715
美國	34	14,427
總額	160	62,800

國際原子能總署所制定的 3 種除役方式

立即拆除 （DECON，或 Immediate Dismantling）	在核子設施關閉後立即將含有放射性物質的設備與建築進行解體拆除，或將這些區域進行除汙至符合核管會所制訂的解除管制標準，再進行移除。
安全貯存 （SAFSTOR，或 Deferred Dismantling）	核子設施在關閉後進入一段「安全貯存」的時間，讓設施內的放射性物質在監管下自行衰變、較無放射性危害後，再進行除汙與拆除，也稱作「延遲拆除」。
原地封埋（ENTOMB，或 Entombment）	將受放射性汙染之物品長期封存於如混凝土等完整的結構體中，直到該處的放射性物質衰變到可以不受限制使用的地步（車諾比核災後蘇聯即採用此種方式來封閉核電廠，但核管會至今尚未有核發這種除役執照的情形）。

資料來源：美國核管會（NRC）

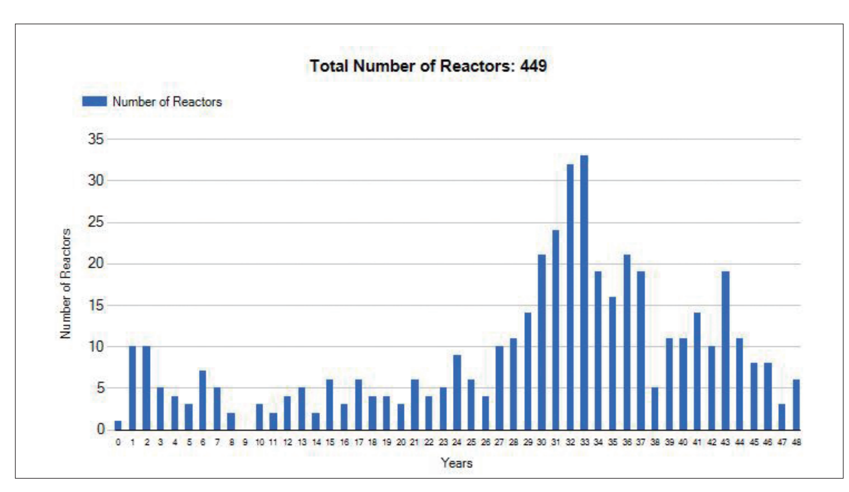
缺點。另外，也有廠商同時採取該兩種除役方式來替電廠內不同的設施進行除役作業，最常見的即是反應爐區域採用安全貯存，其他區域則進行立即拆除。

美國

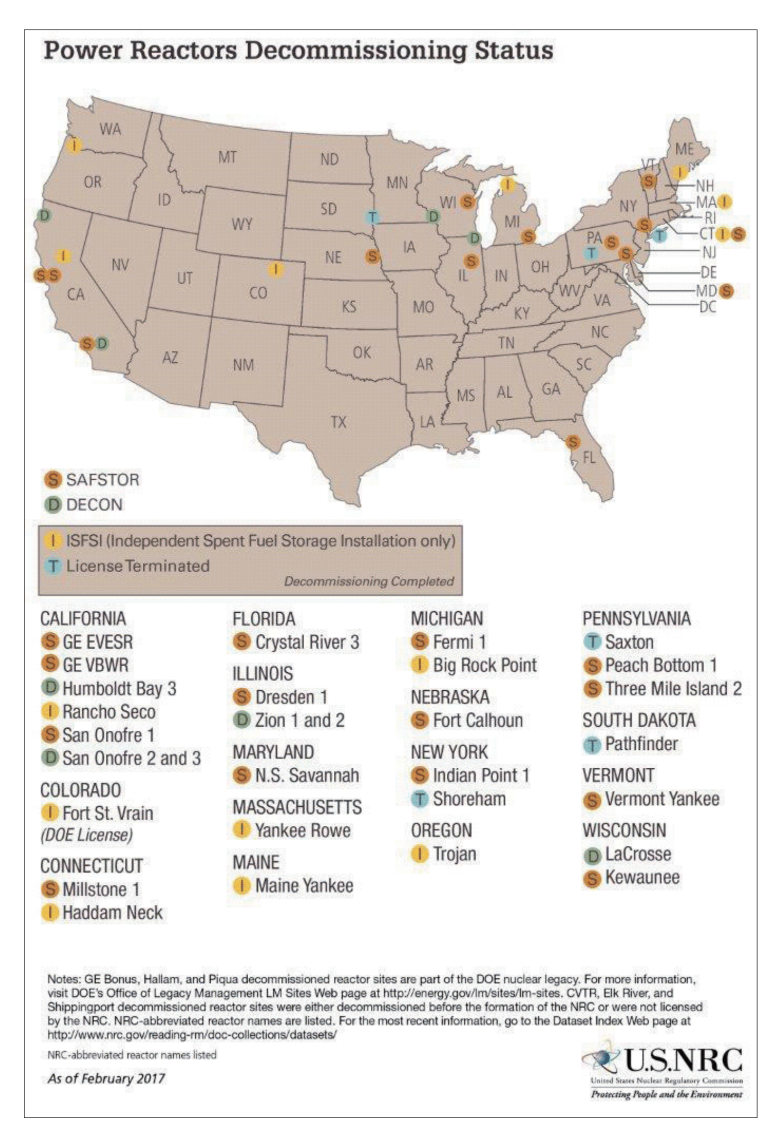
根據美國核管會（NRC）最新資料顯示，截至 2017 年 2 月，美國已完成 10 部核電機組的除役作業，還有近 20 部機組目前仍在進行當中，其中有 14 部使用安全貯存的方式，其他 6 部則採用立即拆除的方式。

根據美國核管會網站顯示，核反應爐的除役可劃分成 3 個階段，分別是：初期作業階段、主要除役階段，以及執照終止作業階段。

核電廠運轉執照持有者在永久關閉電廠後需在 30 天內向核管會提交永久停止運轉該



▲截至 2017 年，運轉中核電機組的運轉年齡（圖片來源：PRIS, IAEA）



▲美國核電廠除役現況與分布圖，I 與 T 為已完成除役的核電廠（圖片來源：NRC）

部機組的書面證明，申請變更運轉執照。在所有核燃料自反應爐移出後，必須再次向核管會提交書面證明，此舉為交出運轉該部機組與向其裝載核燃料的權力。在提交永久關閉證明後的兩年內，運轉執照持有者還必須向核管會提交機組停止運轉後所進行的除役報告，內容需涵蓋除役計畫的說明、除役規劃時間表以及成本估算等，亦需商討該除役計畫對周遭環境帶來的影響。核管會在收到報告後會在《聯邦公報（Federal Register）》上公布該報告與相關訊息，並將報告提交公眾徵詢意見，也會在電廠附近召開公開說明會，與民眾一同討論相關細節。

核管會在收到除役報告的 90 天後，廠商







資料來源：引用自USNRC網站 (https://www.nrc.gov/docs/ML1421/ML14210A472.pdf)

▲美國核電廠除役過程

並不需要事先向核管會申請即可開始主要的除役計畫內容，如移除反應爐容器、蒸汽產生器、大型管線系統、泵與閥門等主要放射性元件。但是，如果除役的過程不符合核管會所制定的條件，廠商則必須向核管會提交許可修改的申請，核管會則會視需要來決定是否召開公聽會。另外，廠商最初只能使用 3% 的預留資金來執行除役計畫，剩餘的部分必須在提交除役報告的 90 天後才可使用，除非核管會的人員對此提出異議。

最後的終止執照階段，廠商必須向核管會在預計終止運轉執照時間的兩年內提交終止運轉執照計畫，內容必須包含場址特性描述、尚待拆除的項目、廠址復原計畫、廠址解除管制（放射性偵測是否符合可解除管制）細節、最新除役成本估計，以及廠址最終清理對環境造成影響的相關最新補充等，並對此計畫舉行公開說明會。

大多數廠商所提交的中止運轉執照計畫均設想將廠址釋出還給公眾，在無限制的形況下使用，這也代表該處的輻射都將低於核管會設定的年曝露值（0.25 毫西弗），核管會也不需要再對廠址進行監管。任何申請廠址限制性使用的廠商則必須在申請內容中提到廠址的最終用途、公眾諮詢、有制度的控管與財務來源保證等，以符合申請終止運轉執照的要求，若廠商要修改其執照則需要核管會批准。

核管會使用統一的標準審查計畫來審核各核電廠的終止反應爐運轉許可計畫，確保審查的品質與一致性。如果持照廠商依照核准的計畫書完成所有項目，核管會的最終調查也顯示該廠址已符合釋出標準，核管會則會宣布終止該廠址的運轉執照。

德國

德國在 2006 年前就已有 19 部機組關閉並開始除役，2011 年發生福島事故後梅克爾政府立即終止國內 7 部老舊核電機組以及 Krummel 一共 8 部機組的營運，並決定德國將在 2022 年全面廢核。這 8 部機組也隨即提交除役執照申請，4 年後 Grafenrheinfeld 核電廠也於 2015 年中關閉，比預計關閉時間提早了半年。另外，目前仍在運轉中的 Gundremmingen B 核電廠預計也將於今（2017）年底關閉。

根據世界核能協會的統計，在 2006 年前關閉的 19 部機組中已有 3 部機組完成除役作業，廠址已可不受限制的使用，剩餘的 16 部機組大部分均採用「立即拆除」的方式來進行除役作業，只有 2 部機組是採用安全

貯存後再拆除。德國國營除役專責公司 EWN（Energiewerke Nord GmbH）的職員表示，選擇立即拆除的原因主要是因為沒有人會在經過 50 年後，還記得設備儀器的準確位置與使用方法，這只會使除役作業更加困難。EWN 負責 Greifswald、Rheinsberg、Julich 以及 Karlsruhe 核電廠的除役計畫，同時也經營用過核燃料中期貯存設施。

至於 2011 年後因政治因素而關閉的 9 部核電機組，目前已有近一半獲頒除役執照，其中 Isar 1 號與 Neckarwestheim 1 號將於今年開始除役作業，除役作業過程大多介於 10-20 年之間。德國的除役措施主要是由電廠營運廠商決定其執行方式與策略，再由州政府等管制單位審查除役計畫的內容，若計畫符合審查基準即核發除役許可。

法國

根據負責法國商用核電廠營運的法國電力公司（EDF）表示，法國目前共有 9 部核電機組正在進行除役中，法電會承擔除役所有技術上與財務上的義務與責任，並



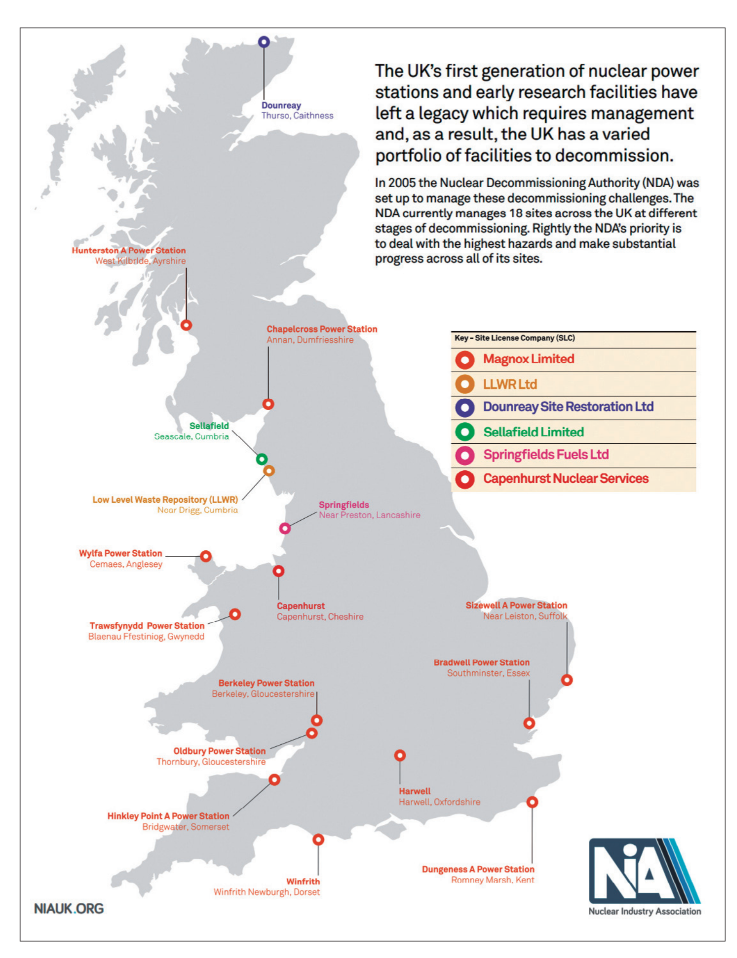
▲德國核電廠除役現況與分布圖（圖片來源：Clear Energy Wire）

由旗下約有 600 名人員的除役與環境工程中心（Decommissioning and Environmental Engineering Centre，CIDEN）負責所有除役相關作業，該中心也是所有核電廠除役執行的管理單位。

目前 9 部已關閉並在進行除役的首批核電機組分別為 Brennilis、Bugey 1 號、Chinon A1、A2 與 A3、Chooz A、Creys-Malville、Saint-Laurent A1 與 A2，目前全部都在拆除階段，預計會在 2020 年（Chooz A）至 2047 年（Chinon A）間完成除役。

法國每部核電機組在開始除役前均需要行政法令授權，再由法國核安監管機構（ASN）進行審查，並在廠址當地對居民進行公開調查，接收居民不同的意見，之後才可以開始除役作業。

法電將核電機組的除役分成 3 個階段，第一個階段為關閉核電廠，在卸載燃料與清空迴路後，拆除與關閉非核子設施；第二階段為局部除役，即除了反應爐建築之外的設備與建築均拆除，並採用檢測；第三階段為全面除役，主要為拆除仍含有放射性的反應爐建築、材料



▲英國核子設施除役現況與分布圖（圖片來源：Nuclear Industry Association）

與設備。法電表示，在移出用過核燃料與清空迴路後，廠址超過 99% 的放射性物質已一同被清除。

除役的前兩個階段大約會在機組停止運轉後 10 年內完成，第三個階段也需要約 10 年的時間來執行。一旦拆除作業完成、廠址的放射性恢復至自然水平後，該廠址就不再需要進行監管，也可不受限制的進行使用。

另外，法電均採用「立即除役」的方式來拆除核電廠的原因，除了不要為後代子孫留下負擔之外，主要是為了借助現職員工的能力與專長，因為他們已長期參與了電廠的營運。法電在核電廠的營運與技術實踐上均累積了不少的實務經驗，這些經驗均建立在保護民眾、法電員工與周遭環境的基礎上，除役的成本也是自電廠最初開始運轉即列入考量，且依據法規規定，需每 3 年重新估算一次，確保金額為最新的數字。

英國

與法國相同，英國首批商用核能發電廠大部分均已步入除役階段，目前有近 30 部機組在除役中，其中 10 座商用核電廠廠址內的機組均為英國早期獨有的鋁鎂鈹反應爐（Magnox Reactor），最後一部鋁鎂鈹反應爐已於 2015 年底停止運轉，代表鋁鎂鈹反應爐時代已結束。

這些廠址中最知名的就屬賽拉斐爾德（Sellafield）了，該廠址因有超過 200 座的核子相關設施，除了執行用過核燃料再處理、放射性廢棄物貯存與管理之外，還有兩座核電廠—Windscale 與 Calder Hall 一共 5 部機組，其中的 Calder Hall 為全球首座商用核電廠，於 1940 年代即開始運轉，2003 年結束運轉，Windscale 則為製造核武用，已於 1981 年結束運轉。

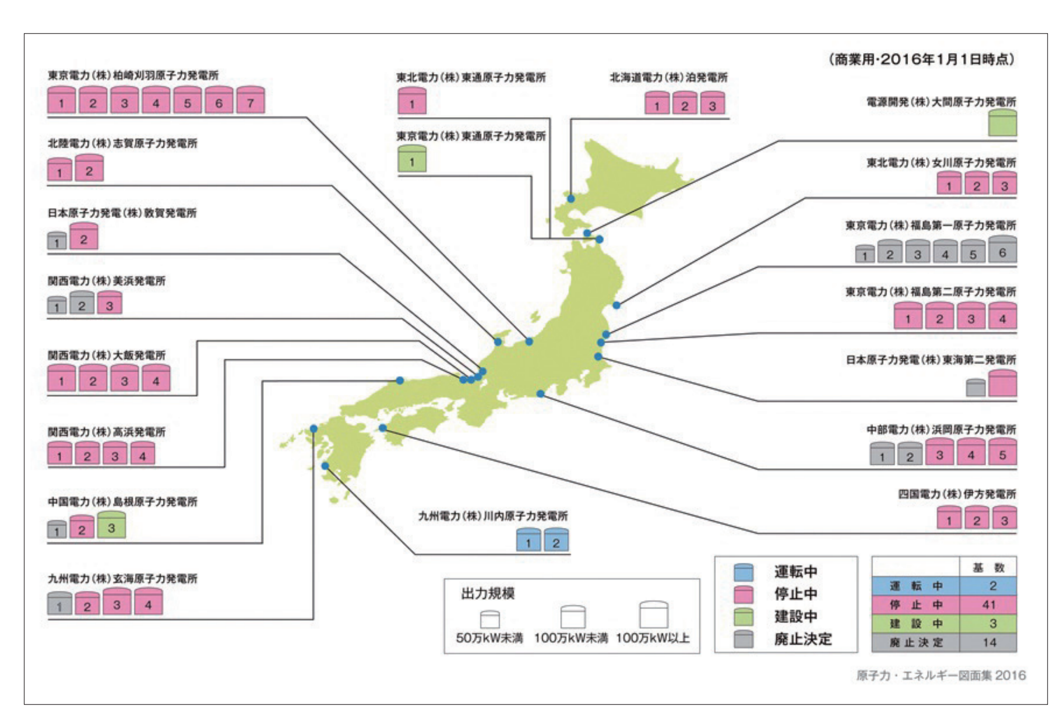
因賽拉斐爾德的內部極為複雜，導致內部核子設施除役的難度也相對比一般核電廠高出許多，廠址內所有核子設施（包含兩座核電廠）的除役計畫，均由隸屬於英國核子除役管理局（NDA）的賽拉斐爾德有限公司（Sellafield Ltd）負責執行。

除了位在賽拉斐爾德的兩座核電廠之外，英國另外 10 座商用鋁鎂鈹反應爐核電廠的除役計畫均由鎂諾克斯有限公司（Magnox Ltd）負責，將除役過程分成 4 個階段，分別為：移除核燃料、監管準備作業、監管，以及最終廠址解除管制，整個過程預計將耗時 90 年。目前這 10 座核電廠中僅有 Wylfa 還未完成核燃料的移除，其他電廠 Berkeley、Bradwell、Chapelcross、Dungeness A、Hinkley Point A、Hunterston A、Oldbury、Sizewell A 以及 Trawsfynydd 都已完成核燃料的卸載，處於監管準備作業階段，將拆除大多數既有建築物，但不包含反應爐、貯存槽、混凝土壓力容器等區域，預計需要 10 年的時間。至於英國 2 座屬於實驗用鋁鎂鈹反應爐核電廠的 Harwell 與 Winfrith，目前也處於拆除建築的階段。

待監管準備作業完成後，即可進入監管的階段，該階段僅留下反應爐廠房、新建放射性廢棄物貯存場以及監控室在現場，以靜態營運為主，為期約 60 年。待廠址內剩餘的廠房拆除後即可解除執照，並解除土地管制，作其他用途使用。

日本

身為亞洲唯一擁有除役中核電機組的日本，由於地緣的關係，日本在這方面法規的制定也常常成為我國的參考指標之一。日本目前正在進行除役的核電機組可分為 3 大類，分別是已經開始除役的東海第一核電廠、浜岡 1-2 號機組以及非商用反應爐的普賢，仍處於準備



▲日本商用核電機組分布現況（截至 2016 年初，伊方 1 號當時仍未宣布除役）（圖片來源：日本原子力 ・ 能源圖片集 2016）

過程的敦賀 1 號、美浜 1-2 號、玄海 1 號、島根 1 號以及伊方 1 號機組，以及較特殊、因意外事故而關閉的福島第一核電廠 1-6 號機組。

日本核電廠在結束運轉後會先將用過核燃料自反應爐移出，至可暫時貯存的儲存場或國外再處理廠，再進行廠址內系統除污。而反應爐區域因為放射性高，在拆除反應爐外圍設施的期間，同時進行 5-10 年的「安全貯存」，讓該區域放射性自行衰退後才會進行拆除。雖然在用過核燃料移出後廠址內大部分的放射性也因此消除，但廠內設施的管線與桶槽仍含有大量的放射性物質殘留，必須使用化學藥品來清理後才會拆除反應爐建築與廠房，並進行拆除下來的放射性廢棄物的處理與處置，待所有作業結束、廠址放射性降至與天然背景放射水平無異後才會解除管制，並將廠址歸還。

日本的除役計畫中屬東海第一核電廠單號機組為最早，在東海之後的除役計畫均分成 4 個階段：工程準備（反應爐進入安全貯存）、反應爐周邊設備解體拆除、反應爐本體解體拆除以及建築廠房解體拆除，每個階段均需要 5-10 年的時間。目前東海與浜岡 1-2 號的反應爐均在「安全貯存」，以及「反應爐周邊設施拆除」的階段，預計分別在 2025 及 2036 年完成除役作業；屬於進步型高溫反應爐的普賢核電廠，其除役計畫則沒有制定反應爐安全貯存時段，目前處於除汙、拆除反應爐周邊設備的狀態，預計將於 2033 年完成除役作業。

而敦賀 1 號、美浜 1-2 號、玄海 1 號、島根 1 號這些規模較小型的機組都已運轉屆齡 40 年，也都獲准延役，但營運廠商覺得，在福島事故後為了進行改良、通過新制審查而

投入的資金不符合其經濟效益，因此於 2015 年 3 月宣布除役，分別向日本原子力規制委員會（NRA）遞交除役申請，伊方 1 號也於隔年 3 月宣布跟進。而原子力規制委員會也於今（2017）年 4 月初批准於 2015 年宣布除役的 5 部機組的除役計畫，伊方 1 號機的除役計畫則仍在審查中。

至於福島第一核電廠的 6 部機組的情況則較為特殊，無法像上述機組一樣使用常規的方式來進行除役。該電廠在 2011 年 3 月的東日本大地震中受到海嘯重創，冷卻水循環系統無法正常運轉，導致 6 部機組中有 3 部出現爐心熔毀的情形，亦有 3 部機組因為氫爆而損毀嚴重，放射性物質也因此釋出。在事故發生後，日本政府隨即下令擬定該電廠 1-4 號機組的除役計畫，預計將耗時 30-40 年的時間。除役計畫分成 3 個階段，分別是用過核燃料貯存池內燃料的取出、反應爐心內部核燃料殘骸的移除，以及除汙與建築設備的拆除，目前仍處於反應爐心探查，以及用過核燃料取出的階段。

然而，因為日本國內過大的反核聲浪，日本首相於 2013 年底決定將只受到輕微損傷的 5-6 號機組也納入該除役計畫，東電隨後也證實此事。根據世界核能協會網站的資料顯示，該兩部機組被列入「因政治因素而關閉」的核電機組當中，不同於 1-4 號機組的「因意外或災難而關閉」。目前這兩部機組仍處於關閉的狀態，尚未開始除役作業。

其他

根據世界核能協會統計，除了上述國家擁有除役中核電機組之外，還有俄羅斯、西班牙等國家。俄羅斯目前有 6 部機組正在除役中，其中大部分都是在 1981-90 年代關閉，用過核燃料都已移出，正在等待廠址拆除；西班牙的 Vandellos 1 號機則是在運轉 18 年後，因為廠內渦輪機起火，維修不符合經濟效益，因此在 1990 年關閉並決定除役。還有烏克蘭的車諾比核電廠 1-3 號機組，也於 2015 年 4 月正式開始其第一階段的除役計畫，在 1986 年車諾比事故後嚴重損毀的 4 號機，其除役計畫則沒有與 1-3 號機一起，因為該部機組需要更長的時間來進行除役。

結語

核電廠除役計畫以拆除反應爐本體、周圍附屬設備與建築物，恢復土地原貌為原則，工程內容相當複雜與漫長，除役的難度與複雜性並不亞於原電廠的興建，需要考量到的因素涉及國家政策、安全、技術、經濟、環保以及公眾共識等層面，各因素間又相互影響、關聯，必須做好完整、妥善的規劃，才可以恢復廠址原貌，將土地歸還供民眾無限制地使用。❂

參考資料：

1. IAEA. “Power Reactor Information System.”
2. OECD-NEA. “Costs of Decommissioning Nuclear Power Plants.”
3. World Nuclear Association. “Decommissioning Nuclear Facilities.”
4. U.S.NRC. “Backgrounder on Decommissioning Nuclear Power Plants.”
5. World Nuclear Association. “Nuclear in Germany.”
6. EDF. “Power Plant Decommissioning.”
7. Magnox Ltd. “Our sites.”
8. 財團法人核能資訊中心《日本核電廠除役現況》

什麼是放射性和輻射？（二）

文・朱鐵吉



問 5：輻射具有什麼性質？它對物質產生什麼樣的作用？

答：輻射的性質與作用，如表 1 所列的 5 項，有代表性的如下兩項：

1. 具有貫穿物質的性質（穿透作用）。
2. 當輻射通過物質時，具有使構成物質的原子、分子游離的作用。換言之，在物質中產生帶正電荷及負電荷的離子作用（游離作用）。

游離就是圍繞原子核旋轉的電子被擊出到外側，離開原子核束縛的現象，猶如圍繞太陽旋轉的行星離開太陽系一樣。因為電子離開了，故稱為游離。因輻射而產生游離的原子、分子成為正離子；而捕獲了電子的原子、分子

表 1. 輻射的性質與作用

1. 穿透作用
2. 游離作用
3. 熱作用
4. 膠片感光作用
5. 螢光作用

成為負離子。

穿透作用和游離作用的大小是隨著輻射的種類（α 射線、β 射線、γ 射線或 x 射線）而有顯著差別。即使是同一種輻射，依其能量也有差別。表 2 是 α 射線、β 射線和 γ 射線穿透力與游離本領的比較。α 射線的游離本領大，能使較多的原子、分子游離，因此消耗了較多的能量，其穿透力也就小了。與此相反，γ 射線的游離本領小，因此穿透就大。β 射線的穿透力和游離本領則在 α 射線和 γ 射線之間。

α 射線在空氣中的穿透力只有幾公分，一張紙就很容易把它擋住。β 射線在空氣中能穿透幾十公分到幾公尺，但數公厘的鋁板或 1 公分厚的塑膠板就能把它擋住。與此相反，γ 射線的穿透能力很強，要用相當厚的鉛板或混凝土進行防護，要使 γ 射線的強度降到原來的 1/10，需要約 4 公分厚的鉛板或約 20 公分厚的混凝土。

運用輻射的這種穿透作用的例子有 x 射線胸部透視檢查，γ 射線檢查船舶的焊縫或飛機發動機的缺陷等。穿透到物體內部的輻射強度隨著穿透的厚度而減弱；物體的密度越大，減弱得越多。因此，如果測定透過後的輻射強度，就可以瞭解物體內部的缺陷或是有無異物，以及異物的分布情形。

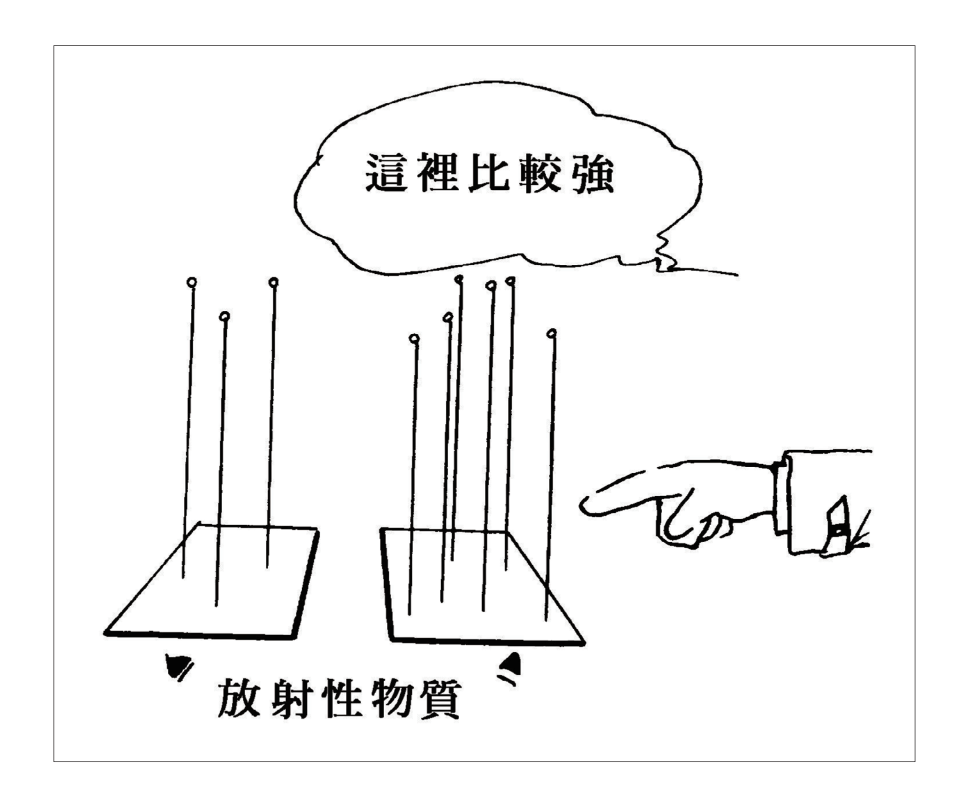
此外，輻射照射物質時，由於上述的游離作用，組成物質的原子、分子的電子被擊出到外側，原子、分子就被游離了，或者分子間的化學鍵被切斷。利用輻射的照射來促進化學反應，防止馬鈴薯發芽，對醫療器具（注射器、手術線等）進行滅菌，或破壞癌細胞等，這些基本上都是利用游離作用。

除了穿透作用和游離作用外，輻射的性質和作用還有如表 1 所示的 3. 升高溫度的作用（熱作用）， 4. 使膠片感光的作用， 5. 使夜光塗料發光的作用（螢光作用）等。微波、紅外線、紫外線也有一部分這些作用。微波的熱作用見於微波爐，紅外線的熱作用見於電熱器和電爐，可見光或紫外線的感光作用見於照相機的膠片感光。另外還可以見到其他各種應用的實例。

問 6：輻射的強度和輻射的量指的是什麼？

表 2. 輻射的穿透力和游離本領

	穿透力	游離本領
α 射線	1	10^4
β 射線	10^2	10^2
γ 射線	10^4	1



答：如前所述，由於輻射與光同屬一類，兩者之間可以類似地思考。輻射的強度與量可以想像成光的相同情況。

首先，輻射的強度與光的照度相當，某點處的照度（表面的亮度）為 1 秒鐘內入射到 1 平方公分的表面上的光的量，以勒克司（Lux）為單位。與此對應，某點處的輻射強度，用一定時間內每 1 克物質中因游離作用而產生的離子對總數表示，其單位通常採用戈雷 / 時（Gy/h）。若以人體為特定對象時，則採用西弗 / 時（Sv/h）為單位。

在某點處，每 1 平方公分表面上，在一定時間內入射的輻射的數目越多，且輻射的能量越高，則該點處的輻射強度就越強。這裡所說的輻射數目，對粒子輻射是指其粒子的個數；對電磁輻射則是指其光子的這種粒子的個數。

其次，輻射的量與光的光量相當，輻射的量稱為劑量。輻射強度越強，且照射的時間越長，當然受到的劑量就越多。

這個關係和做日光浴時曝曬量由紫外線的強度和照射時間的乘積來確定正好相似。

測量劑量的尺度採用戈雷（Gy）或西弗（Sv）為單位。

關於「放射性」的部分，請待下回分解。

（本文作者為清華大學原子科學系榮譽退休教授）

獲得諾貝爾獎的**原子科學家**

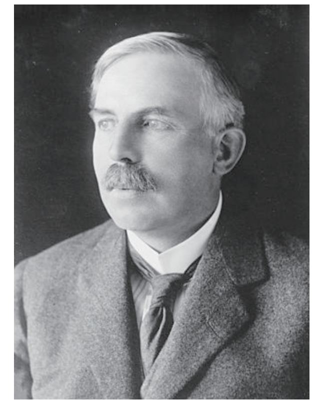
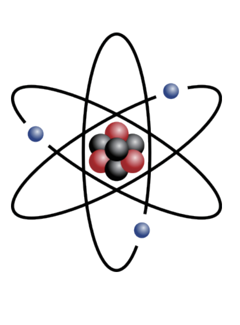
文・編輯室

物理學家得了化學獎

厄尼斯特・拉塞福（Ernest Rutherford, 1871-1937）最偉大的發現，就是建立了原子的有核結構模型。1907 年，拉塞福到了曼徹斯特（Manchester）大學。為了探索原子的結構，他建議德國籍的研究生蓋革（Hans Geiger, 1882-1945）和另一研究生馬斯登（Ernest G. Marsden, 1889-1970）用薄金屬箔對高能 α 粒子的散射進行研究。不久之後，這兩人向他報告了結果，發現在 8,000 個撞擊鉑箔的粒子中有一個粒子的偏轉角大於 90°，這一消息使拉塞福大為驚奇，他說道：「這就好像你將一顆 15 英寸的炮彈射向一張薄紙後，炮彈彈回來又擊中你一樣。」

由此他認為原子中有一個極小而帶正電的「核」，而不是如湯姆森（Joseph John Thomson, 1856-1940）等人所推測的原子中包含著瀰漫的正電荷雲（有人比喻為葡萄乾麵包，整個麵包猶如一個原子，正電荷如葡萄乾散布在整個麵包裏）。

他提出了原子的有核結構模型。他認為原子實際上是很「空」的，中間有一個很重的、直徑僅為原子直徑的 10^{-4} 倍的核，帶有正電，核的周圍有電量與核相等但符號相反的電子雲。這猶如太陽系的行星模型，太陽為原子的「核」，電子如其他行星繞核運動，因此原子有核模型也稱行星模型。

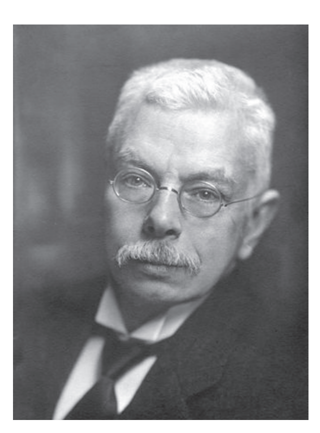
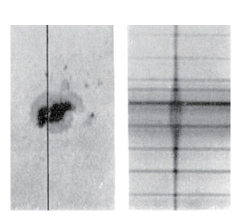
▲左：拉塞福，右：拉塞福建立的原子核模型（來源：維基百科）

拉塞福在物理學界的地位是無可爭辯的，被人們譽為「核子物理之父」。他獲得諾貝爾獎是情理之中的事，但他獲得的卻不是諾貝爾物理學獎，而是化學獎。

1908 年，拉塞福「因在元素蛻變和放射性物質化學方面的研究工作」獲得了該年度的諾貝爾化學獎，拉塞福變成了一個化學家，關於這一點連他本人也感到有趣滑稽。

在洪水中誕生的季曼

1902 年諾貝爾物理學獎的得主是彼得・季曼（Pieter Zeeman, 1865-1943），他的一生帶著傳奇色彩。季曼出生在荷蘭，這是世界上地勢最低的國家，全國有 24% 的國土都低

▲左：季曼，右：從太陽黑子譜線觀測到的季曼效應（來源：維基百科）

於海平面，而季曼的家鄉更是低國中的低地。鄉民為了向大海爭地，築起了擋海大壩，但是他們要時刻提防擋海大壩決口或崩塌。「我掙扎，我要探出頭來！」就是他們世代相傳的警句。

1865 年 5 月 24 日深夜，突然人聲鼎沸，人們一直擔心的攔海大壩決堤了。

就在這時，在一條無舵、無槳的小木船上，躺著一位即將臨產的孕婦正隨波逐流。她雖已無力與波濤搏鬥，但並未忘記荷蘭的古訓：「我掙扎，我要探出頭來！」她緊咬牙關，任憑風浪的顛簸⋯。

突然一個巨浪，小船被漂在水面上的一根木頭擋住了⋯。直到次日午後，附近的人們聽見嬰兒「哇哇」啼哭的聲音才聞聲而來，將她們救起。被救起的不是別人，就是季曼母子。

剛進萊登（Leiden）大學讀書時，季曼被另一個天地完全吸引了，把許多寶貴的時間花在嬉戲遊樂之中。結果，當年的期終考試，物理竟得了個不及格。

母親看著季曼拿回的成績單，淚流滿面地說：「兒呀，早知道你是這樣一個平庸無為之輩，我當初真不該在波濤中拼命掙扎！」接著，老母就把他出生的情景，把荷蘭的艱難和荷蘭人的古訓如數家珍地講了一遍又一遍⋯。

母親的話深深打動著季曼的心，他一邊默然吻著老母的手，一邊暗暗下了決心。從此，他不僅改掉了惡習，而且一頭鑽進了知識的海洋，如痴如狂地學習。

為了永遠牢記慈母的教誨，季曼把母親的遺像嵌在一個金質的小鏡框內，不論何時何地，都把它珍藏在自己的胸前。有一次，在阿姆斯特丹大學講課時，一道難題竟然難住了他。他在講台上默默站了足有十分鐘，這時，他隨手掏出珍藏在懷裏的母親遺像，默默地看著，終於很快地解出了這道難題，學生們笑了，他自己也笑了。的確，母親的教誨仍時時激勵著他。

1896 年，也就是他 31 歲那年，他在老師勞侖茲（Hendrik Antoon Lorentz, 1853-1928）的指導和幫助下，終於發現了物理學上著名的季曼效應。所謂季曼效應，就是當產生光譜的光源放在足夠強的磁場（約幾千到幾萬高斯）中時，原來的一條譜線就會分裂成幾條譜線。各分立譜線之間的間隔大小與磁場強度成正比。

可別小看這一發現，現代物理中的量子力學、原子物理，乃至光學都離不開它，甚至當今在探索宇宙的過程中，人們要測定太陽及其他星球表面的磁場，也要求助於季曼效應。

為了表彰這一傑出的貢獻，1902 年瑞典皇家科學院對他和他的老師勞侖茲同時授予了諾貝爾物理學獎。

資料來源：
輻射軼聞，翁寶山編著，2004 年 11 月，財團法人核能資訊中心出版

如何做好**體重管理？**

文・編輯室



菠菜萃取物能幫助體重管理

最新研究發現，菠菜萃取物能幫助降低對食物的慾望，對體重管理有幫助。

瑞典隆德大學的研究人員發現，菠菜萃取物中含有類囊體（包裹葉綠素的膜狀物），其可降低所謂「享樂型飢餓」的慾望達 95%，並減輕體重達 43%。（註：所謂的「享樂型飢餓」是指渴望不健康的食物，像是甜食、速食等容易導致肥胖及不健康的飲食嗜好。）

研究中追蹤 38 名過重女性 3 個月，每天早上吃早餐前受試者必須先喝一杯綠色飲品，其中一半受試者給予 5 公克的菠菜萃取物，而一半則給予安慰劑。受試者並不知道自己是哪一組，受試者得到的唯一指示是每天三餐需要是均衡的飲食，並不能在三餐以外吃其他的東西。結果發現攝取菠菜萃取物的組別較安慰劑組減少將近 1.6 公斤。

研究人員表示：類囊體強化身體的荷爾蒙（昇糖激素類似胜肽，GLP-1），在早餐前飲用含有類囊體的飲品能延長消化時間，產生飽足感，幫助降低食慾，養成較好的飲食習慣，並減輕體重。

運動能提高腸內菌的多樣性

2014 年 6 月 9 日發表於《腸道期刊（Gut）》的研究顯示，運動可以增加腸內菌的多樣性，這可能會刺激免疫系統，改善長期的健康狀況。而攝取高量的蛋白質也具有相同的影響。

研究人員在一個嚴格訓練計畫的中期採集 40 位專業橄欖球員的血液及糞便，並以此檢體分析運動員腸內菌種。將橄欖球員身上採集的樣品將與其他 46 位健康的非運動員男性進行比較，這 46 位受試者中半數有正常的身體質量指數（Body Mass Index, BMI），其餘則是高於 BMI 的正常值。

研究顯示，相較於有較高 BMI 的非運動員控制組，運動員腸內菌較非運動員受試者多元，相較於有較高 BMI 的非運動員受試者更是如此。運動員的腸道中不僅有較多元的菌種，也發現有較多的菌量。與降低肥胖及肥胖相關疾病的特定菌種，在運動員身上也找到較多的數量。

研究亦顯示，運動員所攝取的食物種類較非運動員受試者多元。蛋白質（主要是肉類及蛋白質補充品）占運動員總能量攝取的 22%，而非運動員受試者則僅占 15-16%。且運動員較非運動員受試者攝取更多的水果及蔬菜，而非運動員受試者攝取較多的零食。

綜論而言，運動及飲食習慣是影響微生物菌相、宿主免疫及宿主代謝的重要因子。

「過重成人」每週進行 2 分鐘的劇烈運動就可以預防糖尿病

2014 年 5 月發表於《生物期刊（Biology）》的研究顯示，短時間、高強度的運動訓練就足以明顯改善受試者心血管健康及胰島素的敏感度，這對糖尿病罹患風險族群（體重過重、中年人）的健康有助益。

為期 8 週的高強度運動訓練（HIT），包含每週 2 次，每次 10 組時間僅維持 6 秒鐘，每週總運動時間只有 2 分鐘，造成脈搏急劇跳動的自行車衝刺訓練，就足以讓具有高風險發展成糖尿病的「過重成人、中年人」，預防第 2 型糖尿病，並且也可達到如一般所建議的每週運動數次達 30 分鐘所產生的效益。（註：HIT 強度依個人的健康狀況而定，最好依照醫師評估後的建議。）

碳水化合物吃得少瘦得比較快

2014 年 9 月發表於《美國內科醫學年鑑（Annals of Internal Medicine）》美國杜蘭大學的最新研究顯示，在有營養諮詢的情況下，肥胖的人攝取低碳水化合物飲食比低脂飲食的減重成果更為安全有效，且對於「降低罹患心臟疾病的風險」也更有幫助。

在研究中，研究人員招募 148 名年齡介於 22-75 歲，且沒有心臟病或糖尿病的「肥胖男性與女性」，並將其隨意地分配到兩個實驗組，這兩組之間飲食唯一的不同，在於飲食中碳水化合物與脂肪的比例。結果發現：

1. 低碳水化合物飲食組的受試者相較於低脂飲食組減去更多的體重及體脂肪，兩組間的差異為 3.6 公斤（8 磅）。
2. 兩組的受試者的健康狀況皆有改善，且總膽固醇及壞的膽固醇 LDL 都沒有增加。
3. 低碳水化合物飲食的受試者血液中的脂肪含量較低，且預測未來 10 年心臟病發作及罹患中風疾病的風險均較低。

註：碳水化合物存在於食物當中，糖、纖維、澱粉都算是，它們能快速提供身體能量。而碳水化合物的來源很多，但全穀類及水果的碳水化合物來源比白麵包或加工食品來得健康。

（以上健康資訊由喜悅健康診所提供）

法國新總統支持減少核電占比

文・編輯室

法國新總統馬克宏表態認可現任總統歐蘭德未來將降低核電占比的計畫，預計 2025 年將從 2016 年的 72%降低至 50%，但馬克宏表示，他並不確定能否在 2025 年達到這個目標，而這個決定將在法國核能監管機構 ASN 大略提出核電機組延役的條件後，於 2018 年底或 2019 年初應可知道法國核電大軍未來的走向。

一位不具名的總統顧問於近期告訴彭博社（Bloomberg），50%的目標有可能在 2030-2033 年間達成，但如果法國電力公司受到技術性問題的影響，或是 ASN 加強核電機組延役的條件的話，這個目標就有可能提早實現。法國電力公司也在最近公開表示，馬克宏總統的降低核電占比的策略是一個「長期」的目標，並提到他們期望能獲得如英國一樣的政府支援，來支持國家新建核電廠，「我們將與新總統的團隊與內閣討論一套前後一致的規範，來制訂正確、積極與公平的相關法規」，法國電力公司的首席財務長這樣說。法國電力公司也希望，法國未來新建的核子設施也能像英國欣克利角 C 核電廠一樣，獲得政府擔保其電價機制。

法國電力公司首席財務長也補充，馬克宏總統的二氧化碳底價方案的目標是很正面的，方案以及公開聲明中還提到其他的觀點，包含再生能源的開發、長期以及清楚的能源配比目標等，這些都是很正面的觀點。

儘管法國電力公司今（2017）年第一季的銷售額度下降了 1.5 個百分比，他們仍維持今年以及未來的利潤目標。該公司在第一季通過售股而獲得了 80 億歐元的資金來改良旗下的核電廠，並新建核電機組。但根據彭博社報導，摩根大通分析師艾勒（Vincent Ayral）的一份研究報告顯示，目前的狀況對法國電力公司來說並不是很穩定，需要加以投資來支持法國能源供應的安全；而馬克宏了解法國電力公司目前面臨的挑戰與國家能源供應涉及的層面，他未來極有可能會務實地轉為全面支持核電廠商。

資料來源：
http://www.neimagazine.com/news/newsfrench-president-elect-macron-supports-reducing-nuclear-share-5816131

日本多部核電機組盼來好消息

文・編輯室

廣島地方法院於近期駁回由當地居民集體提出的請願書，內容為頒發禁制令，暫停由四國電力公司營運、位於愛媛縣的伊方核電廠 3 號機組的運轉。由關西核電廠營運的高浜核電廠 3、4 號機組稍早也獲得上訴法院裁定，撤銷下級法院在先前做出的停機假處分。伊方 3 號機與大部分日本核電機組相同，於 2011 年福島事故後停止運轉接受審查，終於在 2016 年 4 月 20 日獲日本原子力規制委員會（NRA）批准重啟，並於 9 月正式投入商轉。

但是，來自松島與廣島的 4 位民眾於 2016 年 3 月 11 日、福島事故 5 周年之際，向廣島地方法院提出頒發禁制令的申請，並指控四國電力公司低估了地震的潛在規模。四國電力公司則認為他們已經依照當地可能發生最強震度的地震，基於「最新科學知識」來採取安全措施，也已依照福島事故所得之教訓，提升該電廠的核安等級。

做出該次判決的法官表示，四國電力公司在計算廠址地震動向方面採取可靠的措施，並表示原子力規制委員會准許該廠址通過福島事故後新制審查的行為是合理的。類似要求核發伊方 3 號機組停止運轉的禁制令申請，也在廠址附近其他的地方法院上演。

另外，日本九州佐賀縣政府在最近同意了九州電力公司重啟玄海核電廠 3、4 號機組，預計最快今年夏天即可恢復運轉。佐賀縣行政首長山口祥義對此表示，他原先還是希望能使用再生能源當作主要電力來源，只可惜再生能源無法提供穩定的電力供給，因此在考量目前能源安全的情況下，核電廠的重啟是無法避免的，這是在深思熟慮後才做出的決定。

玄海 3、4 號機組在今（2017）年 1 月通過福島事故後的重啟審查，電廠所在地玄海市與佐賀縣分別在今年 2、3、4 月同意這兩部機組重啟，成為日本繼鹿兒島縣、愛媛縣、福井縣後同意縣內核電廠重啟的第 4 例。

但在電廠 30 公里周圍所涵括的 8 個城市，其中包含佐賀縣的伊萬里市、長崎縣的壹崎市、松浦市與平戶市等 4 個城市均反對玄海核電廠的重啟。日本至今僅有 5 部核電機組通過新制安全審查，獲准重啟運轉，但目前僅有九州電力公司的川內 1 號機與四國電力公司的伊方 3 號機在商轉中，另外還有 19 部機組已向原子力規制委員會提出重啟申請。

資料來源：

1.http://www.neimagazine.com/news/newsjapanese-court-rejects-petition-to-close-ikata-npp-5777533

2.http://www.japantimes.co.jp/news/2017/04/24/national/saga-governor-green-lights-restart-genkai-nuclear-reactors/#.WR0R9tKGPcs

日本批准 5 部機組除役計畫

文・編輯室

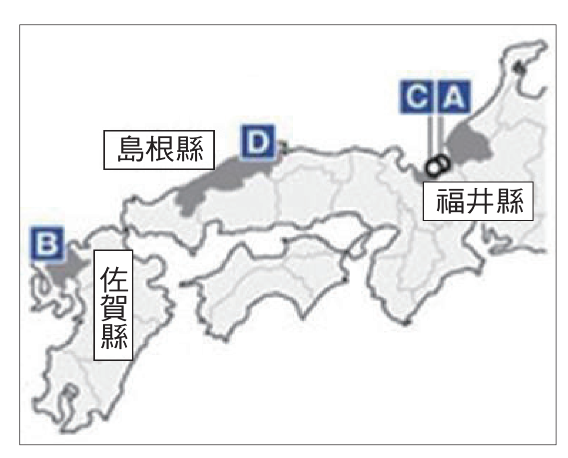


日本原子力規制委員會 2017 年 4 月 19 日核准運轉 40 年以上的 4 座核電廠共 5 部機組可以除役。福島事故後，核電廠運轉期限原則上是 40 年，之後開始計畫除役工作。本次核准的 5 部機組除役後將釋出放射性廢棄物總量約 2 萬 6,820 噸，目前如何處置尚未決定，將是除役後的重要課題。

核准除役的機組是日本原子力發電公司敦賀核電廠 1 號機（福井縣）、九州電力公司玄海核電廠 1 號機（佐賀縣）、關西電力公司美浜核電廠 1、2 號機（福井縣），和中國電力公司島根核電廠 1 號機（島根縣），總計 4 座核電廠 5 部機組。各公司計畫在 2039 年除役完成，1 部機組費用約 350 億日圓，合計為

1,789 億日圓。

5 部機組釋出含有放射性物質的廢棄物、反應爐的配管等約有 2 萬 6,820 噸，其他建築廢材等放射性含量在法規限值以下者，約有 4 萬 300 噸。例如，美浜核電廠 1 號機，放射性廢棄物中含有較高放射性如控制棒等約 110 噸，這些需要放置在地下 70 公尺深的處置場內，持續管制 10 萬年。蒸氣產生器和配管等放射性含量比較低的物品合計有 2,340 噸。



▲ A.B.C.D 機組除役計畫如下表

這種放射性廢棄物需要進行處置，關西電力公司表示，放射性廢棄物處置場在除役完成前將會設置完成，只是在福井縣外選定處置場址困難重重。福島事故前已開始除役的日本原子力發電公司東海核電廠（茨城縣），放射性比較高的廢棄物在除役前已找到處置地點。總而言之，處置場址的問題嚴重影響到除役的進度。

另外非放射性的廢棄物則可再循環使用，用過燃料則以再處理方式回收。目前茨城縣高放射性廢棄物處置場址的探查尚未有著落。

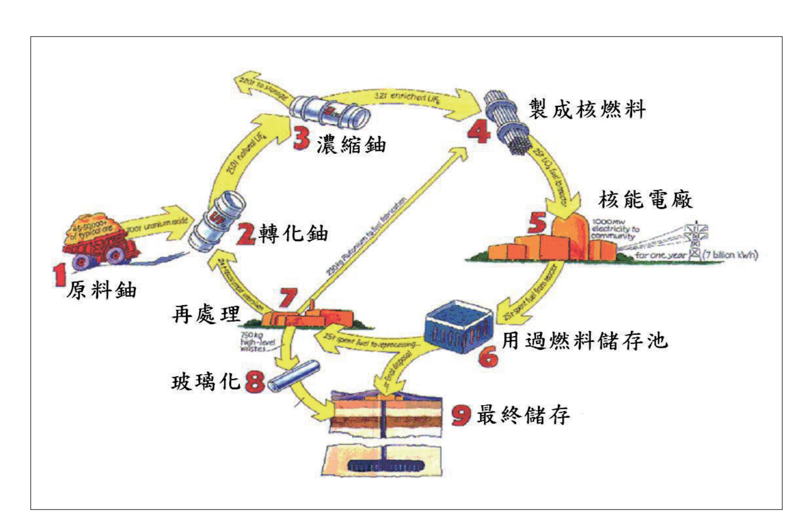
資料來源：日本電氣事業聯合會，2017/4/20

日本 4 座核電廠 5 部機組除役計畫

	機組	除役完成年度	預估金額	放射性廢棄物
A	敦賀 1 號機 日本原子力發電公司	2039 年度	363 億日圓	1 萬 2,790 噸
B	玄海 1 號機 九州電力公司	2031 年度	364 億日圓	2,910 噸
C	美浜 1 號機 關西電力公司	2033 年度	323 億日圓	2,340 噸
C	美浜 2 號機 關西電力公司	2033 年度	357 億日圓	2,700 噸
D	島根 1 號機 中國電力公司	2033 年度	382 億日圓	6,080 噸
	總計		**1,789 億日圓**	**2 萬 6,820 噸**

日本重啟**核燃料製造廠**

文・編輯室



▲ 核燃料循環示意圖（圖片來源：台灣電力公司）

根據世界核能新聞網站（World Nuclear News）的報導，日本原子力規制委員會（NRA）已於今（2017）年 4 月初批准全球核燃料日本公司（Global Nuclear Fuel-Japan，GNF-J）位在神奈川縣的核燃料製造廠的重啟，認定這座設施符合新制的安全標準。

由美國奇異、日立以及東芝等公司出資成立的全球核燃料公司，其旗下的全球核燃料日本公司主要為沸水式反應爐設計與製造核燃料。該公司在 2014 年 4 月向原子力規制委員會遞交評估申請，以確保該燃料製造廠符合於 2013 年底開始實施的新制安全標準。

原子力規制委員會在今年 3 月初即批准了這座核燃料製造廠的審查報告草案，確認該公司的二氧化鈾燃料製造設施符合新制標準，這也是自 2013 年實施新制核安標準以來，首座通過安全審查的核燃料循環設施。

日本經濟產業省（METI）隨後也於 3 月底同意這座核燃料製造廠的重啟，原子力規制委員會則是在 4 月初頒發重啟許可，並表示核燃料製造廠與反應爐不同，全球核燃料公司並不需要得到日本原子力規制委員會以及民眾的批准才可重啟旗下核燃料製造廠。

在福島事故後，日本也同時修訂了國內核燃料製造廠與再處理設施的安全規範，用過核燃料與放射性廢棄物的儲存與處置設施、研究用反應爐（不包含文殊）、核燃料研究中心等，都須遵守該安全規範，但管制的要求會依各設施而稍微有所不同。

資料來源：

http://www.world-nuclear-news.org/RS-Japanese-fuel-fabrication-plant-cleared-for-restart-0604174.html

瑞士民眾公投同意 2050 能源策略

文・編輯室

5 月 21 日瑞士舉行全民公投，對於政府的「2050 能源策略」是否應該推動表達意見。投票結果有 58.2%的瑞士公民支持能源法的修訂，全民投票率為 42.3%。據瞭解，此政策將逐步取消核能發電，而支持再生資源與節能政策。「2050 能源策略」是在 2011 年福島核災之後，由能源部長和現任的瑞士總統羅哈德（Doris Leuthard）所規劃擬訂。

右翼的瑞士人民黨（Swiss People's Party, SVP）反對這項政策，該黨於 2016 年 10 月發起了一項運動，獲得足夠的連署人數，以便針對此議題舉行全民公投。瑞士政府於 1 月 31 日確認瑞士人民黨已獲得 68,390 份有效連署，遠遠超過 5 萬份的法定門檻數。因此瑞士民眾於 5 月 21 日有機會對政府的能源計畫表達自己的看法。

根據「2050 能源策略」，瑞士將不再興建新的核電廠，目前運轉中的 5 部核能機組，其中包括世界上最早運轉的貝茲瑙（Beznau）I 號機都將在到達運轉年限時除役。

此能源策略還著重於開發水力發電與其他再生能源，如風力發電和太陽能發電。2016 年 10 月，由瑞士人民黨領軍的反對聯盟，發起了全民公投運動，表示這是不負責任的能源策略，將帶給後代子孫很大的負擔。瑞士人民黨在公投運動的官網上表示：瑞士目前的能源供應是高效率且可靠的，政府的 2050 能源策略則是「一個烏托邦、危險又過度的計畫」。同時也補充：「再生能源永遠不會以具有成本效益的價格、生產足夠可靠的能源，而使得瑞士可以放棄核能發電。」

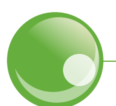
2016 年 11 月綠黨發起更為極端的計畫，要求政府 2017 年底即關閉核電廠，因此瑞士政府 11 月 27 日舉行「是否為逐步關閉核電廠設定具體期限」的公投，結果 54.2% 的民眾投反對票，使這個迫使政府加快步伐放棄核能的想法遭到否決。瑞士政府認為，需要更多的時間來充分的開發再生能源，以便能夠務實地替代核能發電。

目前瑞士核能發電約占 39%，水力發電約占 56%，是最重要的國內能源來源。在瑞士大部分核電廠興建之前，全國將近 90%的電力是由水力發電產生。

資料來源：

1.http://www.world-nuclear-news.org/NP-Swiss-voters-approve-gradual-nuclear-phase-out-2205174.html
2.https://www.thelocal.ch/20170201/swiss-to-vote-on-governments-anti-nuclear-energy-strategy
3.http://www.bfe.admin.ch/energiestrategie2050/06445/index.html?lang=en&image=NHzLpZag7t,lnJ6lzdelp96km56VIWduI5tOqdayXbGH7luqz56gnZ6OwQ--





美國新墨西哥州申請設置**用過核燃料貯存場**

文‧編輯室

美國新墨西哥州於 3 月 31 日提出霍特克（Holtec）用過核燃料貯存場的設置申請案，這座大型中期貯存場可處理 1 萬桶來自美國各地的用過核燃料。

在目前美國聯邦政府對用過核燃料處置方案束手無策的情況下，此設施將為美國核電廠營運商提供用過燃料組件可暫時貯存的選擇。近年來，電力公司將用過核燃料貯存在核電廠廠區內的情況已經越來越普遍。

這次的申請案是位在新墨西哥州的霍布斯與卡爾斯巴德之間占地 1,000 公頃的區域，這裡地處偏遠、地質穩定，並且氣候乾燥。現有的基礎設施包括鐵路，以及一個先前就存在的強大的科學與核子工作團隊。放射性廢棄物隔離試驗場（WIPP）在其南部，國際同位素公司、路易斯安那能源服務與廢棄物控制專家公司則在其東部。霍特克公司表示，向美國核能管制委員會（NRC）提交了一整套文件，其中包括安全分析報告與環境報告。

霍特克公司提議安裝其 Hi-Storm UMax 系統，這套系統可以看到用過核燃料箱放置於地表下的混凝土窖中。該系統的設計適用於美國每個核電廠目前所使用的廢棄物罐，因此非常普遍。霍特克公司強調，由於用過核燃料箱是完全放置於地表之下，因此輻射屏蔽的效果非常好，「外釋的輻射的劑量幾乎是零」。

美國法律設定聯邦政府應負責用過核燃料的處理，在 1987 年於內華達州選擇了雅卡（Yucca）山，做為國家單一高放射性廢棄物（包括用過核燃料）處置場址。雅卡山應該在 1998 年就要開始接受放射性廢棄物封包，但是在 2009 年歐巴馬總統的行政部門，只進行到執照審查階段，便終止管制程序。在沒有國家設施的情況下，核電廠開發了自己的暫時解決方案，許多人選擇將用過核燃料組件放在廠內的混凝土箱中貯存。

美國能源部負責 1998 年以來所有這類貯存的費用，根據美國核子基礎設施委員會（US Nuclear Infrastructure Council Working Group）估計，迄今為止已高達 360 億美元。歐巴馬政府對美國處置場計畫的破壞行為，激發出新墨西哥州霍特克計畫與德克薩斯州廢棄物管理專家等類似的計畫。

川普總統的新政府則有不同的想法，能源部長佩里（Rick Perry）於 3 月 27 日訪問內華達州的雅卡山場址，與利益相關者討論將重新啟動此計畫，預計需要 1.2 億美元的經費。❂

資料來源：

http://www.world-nuclear-news.org/WR-New-Mexico-used-fuel-project-put-to-regulators-3104171.aspx

研究發現細菌可讓用過核燃料貯存更為安全

文・編輯室

細菌不僅能在存放於地下的放射性廢棄物中茁壯成長，還可以讓放射性廢棄物更為穩定、安全。根據實驗結果顯示，某些微生物可利用鈾與錼等放射性核種來代替氧氣，使廢棄物從可溶性的型態轉為不可溶，降低其活動性。英國曼徹斯特大學地質微生物學家洛伊德（Jonathan Lloyd）在最近於愛丁堡的微生物學會年會上發表了這項研究。

英國目前已累計約 450 萬立方公尺的放射性廢棄物，足以填滿 4 座位在倫敦的溫布利足球場（Wembley Stadium），其中的大部分目前都儲存在賽拉斐爾德（Sellafield）設於地面的燃料池與貯存筒倉中。英國政府計畫將這些活性較高的放射性廢棄物，使用天然物理與化學屏障，來進行深層地質處置，長時間阻止放射性物質釋出，但目前廠址仍未決定。

有人認為水泥的存在會導致微生物生長的環境太過於鹼性（其酸鹼值接近 11，接近漂白水的酸鹼值），為了確認這是否屬實，洛伊德的團隊在英國峰區（Peak District）的石灰窯遺址進行了研究，看看能否在類似於處置場的環境中發現微生物。結果洛伊德的團隊發現，微生物的確可以在該環境中生長。

放射性廢棄物中的放射性強度通常都不會對細菌的生長造成任何影響，事實上，它還會增加某些營養素出現的可能性。洛伊德表示，當他們在類似的輻射劑量下研究放射性廢棄物周圍的微生物系統時，發現微生物並不會被輻射殺死，「它實際上刺激了周圍的微生物」。

洛伊德的團隊還發表了多種細菌可處理廢棄物產物的方法，並減少有害物質滲入環境。像是有些放射性廢棄物含有纖維素，在鹼性環境下可以分解成異醣酸（Isosaccharinic acid），異醣酸會與鈾形成可溶性複合物，提高其自處置場漏洩出來的可能性。但是，細菌似乎喜歡使用異醣酸來做為碳源，並分解它，使放射性核種保持固態，存留在原地。另外，微生物也可幫助防止放射性氣體釋出，處置場岩石中因化學反應所產生的氫氣會形成壓力，導致放射性氣體會自岩石中的裂縫洩漏而出，但岩石中的微生物卻可利用氫氣來減少這種情況發生，它們甚至可以生長在岩石的縫隙中，並形成生物膜，堵住這些細孔，降低放射性物質釋出的可能性。

資料來源：

https://www.newscientist.com/article/2127588-waste-munching-bacteria-could-make-nuclear-stores-safer/

核能新聞

文・編輯室

國外新聞

英國除役管理局公布未來 3 年的執行計畫

英國核子設施除役管理局（Nuclear Decommissioning Authority）在最近公開了自今（2017）年 4 月至 2020 年 3 月間的業務執行計畫，提及未來 3 年間 17 座核電廠的目標與預估進展等，這份計畫除了符合英國財政部與商業、能源暨產業策略部（BIES）的投資規劃之外，也大概敘述了未來 20 年間規劃好的行動。

英國核子設施除役管理局表示，該計畫的核心在於確保核電廠在安全、安保、符合經濟效益且不傷害周遭環境的狀態下進行除役。預計在 2017 年 4 月至 2018 年 3 月的財政年度間支出超過 32 億英鎊（約 1,300 億新台幣），其中近 24 億將由政府提供資金，剩餘的 8.8 億則由廠商營運所得中支付。

另外，該計畫亦揭露了未來一些重要的里程碑，例如於賽拉斐爾德（Sellafield）再處理場進行的用過核燃料再處理作業，在經過數十年後將在 2020 年全面結束；低放射性廢棄物最終處置場相關合約將在 2018 年決定；賽拉斐爾德再處理廠的「索普再處理設施（THORP，為氧化核燃料再處理設施）」的再處理計畫也將於 2018 年底結束；所有的鋁鎂鈹反應爐（Magnox Reactors）將於 2019 年完成燃料的移出與轉移；位於 Bradwell 核電廠的鋁鎂鈹反應爐，也將在 2019 年成為當局首座進入「管理與保養」階段的核電廠；鋁鎂鈹反應爐用過核燃料的再處理也將於 2020 年底前完成等規劃。

Nuclear Engineering International, 2017/04/11

日本修法允許監管機構突襲檢查核電廠

日本國會在最近通過修法，允許監管機構至核電廠進行突襲檢查，並可以不受限的獲取所需要的數據。這項法案是在國際原子能總署（IAEA）建議總是定期執行安檢的日本，需要更靈活的檢查制度後而修改。

新上路的規範以美國體系為基礎，將在日本原子力規制委員會（NRA）制定具體細節後於 2020 財政年開始實施。修改後的法案規定電力公司需負責查核其旗下的核子設施是否符合國家安全標準，並賦予政府檢查人員自由檢查各設備與數據的權利，全面監測反應爐的運轉情況，政府也將替每座反應爐所採取的安全措施進行評估並公布結果，以提升電力公司在核安方面的努力。

Japan Times, 2017/04/07

德國比布利斯核電廠獲准除役

德國比布利斯核電廠（Biblis）A、B 兩部機組在今（2017）年稍早獲得當地環境部批准後，將於近期取得除役許可，拆除這兩部機

組所需要的時間預計約 15 年。比布利斯核電廠 A、B 兩部機組為德國在 2011 年福島事故後立即關閉的 8 部機組中的其中兩部，分別為 116.7 萬瓩與 124 萬瓩的壓水式反應爐，原先已獲准延役，分別可運轉至 2019 與 2021 年。

營運廠商 RWE 公司在 2012 年向黑森州（Hesse）政府的環境、氣候保護、農業與消費者保護部（以下簡稱環境部）提出這兩部機組的除役與拆除申請，內容詳細說明其所提出的方法、拆除的程度、遵循的程序與輻射防護等的預防性措施，並一同附上詳細的安全報告以及進行環境影響評估。

對此環境部表示，批准的許可賦予 RWE 公司完成這兩部機組的營運、拆除，以及放射性廢棄物的處理、儲存與處置的權利。比布利斯 B 的授權還包含了進一步處理受放射性汙染的燃料元件，因為與比布利斯 A 不同，B 機組還未移除核燃料，將於今年開始移除作業。

Nuclear Engineering International, 2017/04/03

匈牙利帕克斯核電廠獲准擴建

歐盟監管單位於近期同意擴大俄羅斯於匈牙利建造的帕克斯（Paks）核電廠，此舉將擴大不斷在歐盟推廣自身優勢的俄羅斯，對他國能源政策帶來的影響。布達佩斯於 2014 年與俄羅斯國家原子能公司（Rosatom）簽署了一項價值 120 億歐元（約 4,000 億新台幣）的 2 部機組建設計畫，歐盟的批准可說是清除了這座提供全匈牙利一半以上發電量的廠址得以升級的最後一個障礙。俄羅斯將為該廠址提供 100 億歐元的借款，其餘的則由匈牙利自行支付，兩部 VVER-1200 反應爐分別預計於 2025 與 2026 年興建完成，匈牙利仍會持續持有與運轉該電廠。

帕克斯核電廠目前擁有 4 部機組，型號均是俄羅斯製造的 VVER 440，總裝置容量為 200 萬瓩，都是在 1982-1987 年之間建造而成，預計分別於 2023-2037 年間除役。

Voice of America, 2017/03/06

瑞典監管機構核准放射性廢棄物研究與發展計畫

根據瑞典法律規定，核電廠運轉廠商必須每 3 年上報放射性廢棄物的研究與發展計畫，內容涵蓋電廠的營運與除役所產生之放射性廢棄物的安全管理。計畫還必須包含所有潛在必須採取的措施，並詳細說明未來 6 年內預定執行的計畫。

瑞典放射性廢棄物專責公司 SKB 於 2016 年 9 月代表所有廠商向瑞典輻射安全局（SSM）提交 2016 年度的研究與發展計畫，該計畫已轉交至管制單位、大專院校、科技相關機構，以及市政當局與利害關係人等，由這些單位進行審議與發表意見，意見的採納也已於 2016 年年底結束。

瑞典輻射安全局認為這份計畫非常全面，並表示除了核子設施安全除役與拆除之外，為放射性廢棄物與用過核燃料的安全管理所規劃的措施亦符合法律規範。輻射安全局對此表示，他們建議瑞典政府核准這項計畫，原因除了該計畫符合法規要求之外，還符合了瑞典政府在 2013 年對該年度的研究發展計畫所做出的結論。

World Nuclear News, 2017/03/31

印度庫丹庫拉姆 2 號機開始商轉

印度庫丹庫拉姆核電廠（Kudankulam）2 號機於近期正式投入商轉，將印度核能發電總裝置容量提升至 678 萬瓩。這部 100 萬瓩的機組在 2016 年 7 月首次達到臨界，隨後即於 8 月併網，並於今（2017）年 1 月使用完整裝置容量發電。庫丹庫拉姆 1、2 號的型號都是由俄羅斯設計的 VVER-1000 壓水式反應爐，並由印度核能電力有限公司（Nuclear Power Corporation of India Ltd.）建立，在遵照國際原子能總署（IAEA）的核安規範下進行運轉，由俄羅斯的專家負責監督，俄羅斯也預計為庫丹庫拉姆核電廠運轉期間提供濃縮鈾燃料。

而庫丹庫拉姆核電廠 3、4 號機的建設工程則在 2016 年 10 月開始，預計在 2022 至 2023 年間開始供電，5、6 號機組的建設協議也已有眉目。庫丹庫拉姆核電廠的建設工程最早由前蘇聯與印度於 1988 年達成協議，但該計畫之後卻遭到冷凍一段時間，一直到 2012 年才重新展開。

Nuclear Engineering International, 2017/04/03

英國欣克利角 C 核電廠獲准啟動建設

英國核能管制機構（Office for Nuclear Regulation）於近期核發許可，同意啟動欣克利角 C 核電廠的混凝土建設工程，但許可內容並沒有允許廠商全面啟動電廠建設。

該電廠運轉執照持有者為法國電力公司（EDF）與中國廣核集團有限公司合資成立的 NNB 電力公司（EDF NNB Generation），將於近期開始該電廠「技術通道」的建設工作。英國核能管制機構高層表示，批准欣克利角 C 的首批混凝土作業是一個關鍵的里程碑，這也意味著英國將啟動自賽茲韋爾 B 核電廠以來，首座核電廠的建設工作，預計自 2019 年開始反應爐底部的混凝土澆灌作業。

欣克利角 C 核電廠由中國廣核集團與法國電力公司合作建設的 2 部歐洲壓水式反應爐（EPR）所組成，英國政府最終於 2016 年批准建設，首座機組預計於 2025-2026 年投入商轉。

Nuclear Engineering International, 2017/03/29

中國核電發展中心正式開始營運

中國國家能源局直屬事業單位的核電發展中心正式掛牌營運，為中國國家核電發展提供服務，全面配合核電行業管理的工作，執行能源局委派的相關工作，具體接受能源局核電司的指導。

核電發展中心的主要職責範圍涵蓋核電法規、規劃、政策、規範等研究，亦負責：核電項目建設、運轉與安全狀況的監測與分析作業；核電科技重大專項的實施與管理作業；建立核電行業的公共平台、執行核電的研發、培訓、宣傳與科普作業；電廠事故應急、消防設計審查、電廠操作人員資質管理作業；核電的開發、技術、裝備自主化的諮詢、評估作業；展開核電領域的國際交流與合作等，範圍甚廣。

中國國家能源局，2017/04/24

核三廠 2 號機控制棒驅動軸吊升檢查時脫落

核三廠 2 號機自 4 月 7 日起開始第 23 次大修工作，於 4 月 26 日在進行控制棒驅動軸（未連接控制棒）的吊升檢查作業時，其中一支驅動軸在吊升約 2 呎時，發生驅動軸與結合工具鬆脫，導致驅動軸沿控制棒導管內掉落。

為釐清掉落是否撞擊到控制棒導管內部的組件，電廠隨即委請原廠家檢查評估，於 5 月 3 日檢查發現控制棒導管內部相關組件有變形跡象。為確保該控制棒導管組件能正常發揮功能，核三廠已初步決定更換相關受影響組件。

原子能委員會表示，本次事件為大修期間設備組件受損，並未影響反應爐安全，也不涉及輻射外洩。台電公司於確認相關組件受損後，即依規定通報原能會視察人員，原能會已要求電廠在本次事件肇因未釐清前，暫停相關測試作業，後續並須提出檢討及改善措施。原能會強調，將持續監督核三廠的相關作業，以確保設備組件能回復其原有品質，發揮應有的功能。

本刊訊，2017/05/03



▲核四廠外觀

台電積極評估核四廠轉型計畫

社會各界相當關注核四廠未來的轉型計畫，台電表示，已遵循政府非核家園政策，封存並停建核四廠兩部機組。為保存現有設備、積極促進核四廠資產利用與公共利益最大化，將爭取資產轉售等各種彰顯價值的可能機會。對於後續土地處理及利用，台電目前就土地法令及工程技術等多元面向持續評估，尚未向行政院提出具體利用方案，待完整評估方案出爐後將主動提報經濟部。

台電說明，核四廠目前已封存停建，台電正研擬包含設備整廠出售、設備分批出售或轉用、廠內核燃料優先運送國外處置、保留廠區土地作未來電力設施建設等各種資產處理的可能方案。

台電指出，從區域電力供需平衡考量角度而言，北部地區電力設施廠址難求，且核四廠廠址相關的電源線、開關場、重件碼頭及廠區道路等基礎設施已相當完備，基於公共利益，核四廠址土地的處理，可思考提供未來建設電力設施的彈性，或其他可能的利用方案，並評估最適當的開發時機。

本刊訊，2017/03/13

何博士的日常豆知識

Q：核廢料對蘭嶼人健康造成危害，是真的嗎??

據說

蘭嶼因為堆放核廢料
環境輻射超標耶！

想太多！





破除謬論1：

根據衛生署資料統計，
蘭嶼居民罹患癌症死亡率
其實大多**低於鄰近鄉鎮與全國平均值**，
而且目前也無法確認相關疾病
和貯存設施有關連性。

破除謬論2：

蘭嶼實際測得環境輻射，
均**遠低於**台灣本島各地數值！

台灣環境輻射值大比拚！

蘭嶼	台北	台中	高雄
0.043 微西弗/時	0.057 微西弗/時	0.075 微西弗/時	0.059 微西弗/時

勝

（正常狀態須在0.2微西弗/時以下）

台灣不論是否有核電廠，
都需處理這些低放射性的廢棄物，
因為除核電廠會產生外，**醫院**、**農業**、
工業或學術研究也都會產生這些低放射性廢料。

即時監控環境輻射網址，詳情請見http://www.aec.gov.tw/gammadetect.html

何博士的日常豆知識

Q：聽說住在核電廠附近
會吸收到高輻射量，
危及健康及生命財產的安全，
真的是這樣嗎?

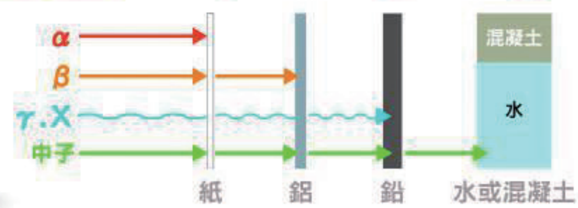
正確的觀念是

不同的輻射
具有不同的穿透能力



首先，一般所謂的輻射或放射線，都是指游離輻射而言，
通常又可區分為：

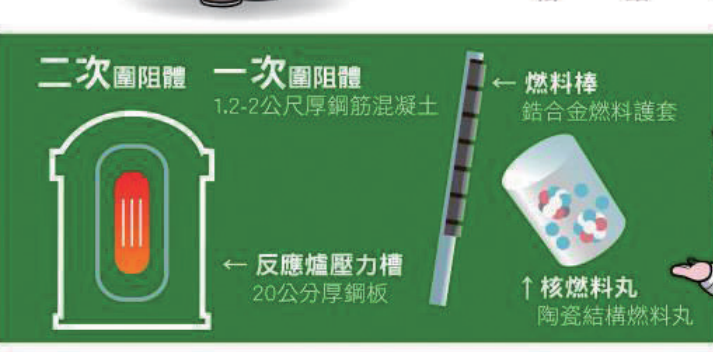
1. 電磁波輻射 如X射線及加馬(γ)射線；
2. 粒子輻射 如阿伐(α)射線、貝他(β)射線及中子射線



就跟你說了嘛....

外面在下雨





輻射的多重防護設計

核能電廠設計了五種屏障防止放射性物質及輻射外洩，多重防護！